Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke im Kopfklinikum Würzburg
(Direktor: Professor Dr. W. Kley)

EIN KLINISCHER VERGLEICH DES KALORISCHEN SCHMETTERLINGSTESTES MIT DEM DREHPENDELVERSUCH

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Hanns-Ulrich Göppinger
aus Heidelberg

Würzburg, den 6. Februar 1981

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke im Kopfklinikum Würzburg
(Direktor: Professor Dr. W. Kley)

EIN KLINISCHER VERGLEICH DES KALORISCHEN SCHMETTERLINGSTESTES MIT DEM DREHPENDELVERSUCH

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Hanns-Ulrich Göppinger
aus Heidelberg

Würzburg, den 6. Februar 1981

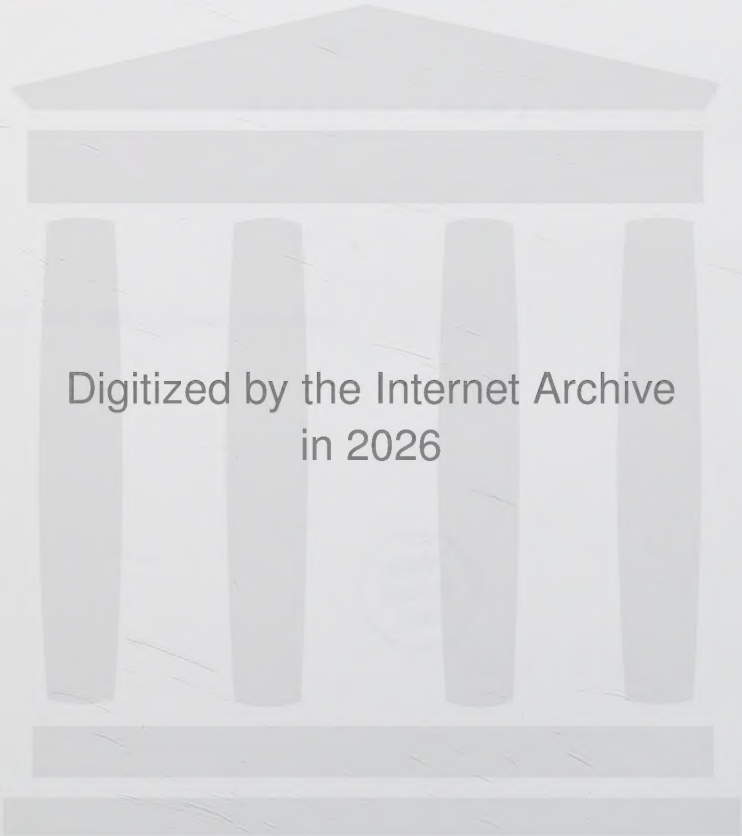
Referent: Professor Dr. C.-F. Claussen
Korreferent: Professor Dr. W. Kley
Dekan: Professor Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 10.6.1981

UNIV. LEIDEN BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

M E I N E N E L T E R N


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543520_0009

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. Untersuchungsmethoden	4
1. Die Aufzeichnung des Nystagmussignals	4
2. Der Spontannystagmus	8
3. Die Pendeluntersuchungen	8
4. Der kalorische Schmetterlingstest	9
5. Die Drehpendelprüfung	12
6. Die Anamnese	14
7. Die Untersuchungsauswertung	18
III. STATISTISCHE ERGEBNISSE	20
1. Die Anamnesenauswertung	20
2. Der kalorische Schmetterlingstest	27
a) Der Spontannystagmus	27
b) Die monaurale kalorische Vestibularisprüfung	28
c) Das Blickfolgependel	30
3. Der rotatorische Drehpendelversuch	32
4. Die Korrelationsstatistik	49
IV. KASUISTIK	73
V. DISKUSSION	90
1. Der kalorische Test	90
2. Die Drehpendelprüfung	96
3. Der Vergleich des kalorischen Tests mit dem Drehpendelversuch	101
VI. ZUSAMMENFASSUNG	104
LITERATURVERZEICHNIS	I - II

I. EINLEITUNG

Mit Hilfe seiner Sinnesorgane erlebt der Mensch seine Umwelt bewußt, indem er die ständig eingehenden und sich häufig widersprechenden Informationen zu einem Gesamtbild zusammenfügt. Das Gleichgewichtsorgan, mit dem sich diese Arbeit befaßt, besteht aus den drei knöchernen Bogengängen, in denen sich, durch die Perilymphe getrennt, die häutigen Bogengänge befinden. Diese sind mit der Endolymphe gefüllt und durch die Crista ampullaris unterteilt. Auf deren Sinnesepithel liegt eine kuppelförmige Gallertmasse, die Cupula ampullaris, in welche die Haare der Sinneszellen hineinragen.
Diese Crista ampullaris wird durch die Pars vestibularis des achten Hirnnerven innerviert (s. Abb. 1).

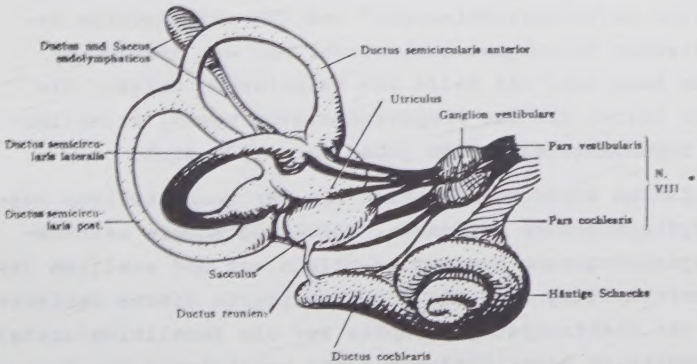


Abb. 1: Rechtes häutiges Labyrinth, von der Seite gesehen (HARDY)

Die Endkerne dieses Hirnnerven werden nach ihrer Lage bezeichnet: Nucleus vestibularis medialis (SCHWALBEscher Kern), lateralis (DEITERSscher Kern), superior (BECHTEREWscher Kern) und inferior (ROLLERscher Kern). Sie sind über den Tractus vestibulocerebellaris mit dem Kleinhirn und über den Tractus vestibulolongitudinalis mit den Ursprungskernen der Augenmuskelnerven und mit den Vorderhornzellen der Halsmuskeln verbunden.

Man stellt sich nun mit LORENTE DE NO, MC CABE, TRINCKER, BARTUAL vor, daß die vestibulären Neurone für die langsame Nystagmusphase verantwortlich sind. Durch eine Verknüpfung mit anderen mesencephalen Neuronen, die eine höhere Erregbarkeitsschwelle haben, werden die Antagonisten dieser langsamen Augenbewegungen mit einer zeitlichen Verzögerung erregt. Gleichzeitig werden die Agonisten gehemmt, und so entsteht die schnelle Phase des Nystagmus. LACHMANN, MONNIER und MONTANDON vermuten, daß dieses Steuersystem in einem diencephalen Gebiet zwischen dem dorsolateralen Thalamuskern und dem Corpus geniculatum laterale sitzt (CLAUSSEN - V. LÜHMANN).

Den Kliniker interessieren hierbei vor allem die nystagmusdämpfenden Bahnsysteme, bei deren Verletzung er überschiessende Nystagmusreaktionen finden kann. So wies BARANY in seiner 1906 veröffentlichten Arbeit "Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten Nystagmus und seine Begleiterscheinungen" auf die reflexartige Beziehung zwischen Gleichgewichtsinnenohr und dem nystagmuserzeugenden Auge hin. Mit Hilfe von kalorischen Reizen, die wärmer oder kälter als die Körpertemperatur waren, stimulierte er die Bogengangsrezeptoren jedes Ohres für sich.

Dieses Verfahren wurde von HALLPIKE mit der quantitativen Messung der Nystagmusdauer verbunden, TOROK und andere zeichneten die Augenbewegungen nystagmographisch auf und stellten die Schlagratenverteilung dar. CLAUSSEN erweiterte dieses Verfahren mit Hilfe der Elektronystagmographie auf die Kennliniendarstellung der zentralen Reaktionsdynamik des postkalorischen Nystagmus, und er gruppierte die Dynamikkennlinien in den vier Quadranten des sogenannten Schmetterlingsschemas, geordnet nach Körperseite und Schlagrichtung des Nystagmus. So konnten die individuellen Reaktionen einem Normreaktionsmuster gegenübergestellt werden. Viele Autoren äußern den Vorwurf, daß es sich bei der kalorischen Vestibularisprüfung um eine unphysiologische monaurale Untersuchungsmethode des Bogengangssystems handeln würde. GREINER und andere wiesen demgegenüber nach, daß ein physiologisches Untersuchungsverfahren sich pendelförmiger rotatorischer binaural wirksamer Stimuli bedienen müßte.

Mit den Drehpendelstühlen ist dieser Stimulus vielseitig anwendbar.
Die vorliegende Arbeit stellt sich die Aufgabe, die kalorische Vestibularisprüfung mit dem Drehpendelversuch zu kombinieren, die Reaktionsergebnisse elektronystagmographisch aufzuzeichnen und quantitativ auszumessen sowie die Meßdaten statistisch miteinander zu vergleichen. Beide Prüfungen werden an demselben Patientenkollektiv durchgeführt, und es wird damit untersucht, inwieweit beide Tests miteinander verbunden werden können, inwieweit sie Ergebnisüberschneidungen liefern und inwieweit sie einander ergänzen.

II. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

1. Die Aufzeichnung des Nystagmussignals

Unterschiedliche Erregungszustände von neuronalen Schaltkreisen erzeugten das typische Nystagmussignal, das in seiner Spezifität mit dem Herzaktionspotential verglichen werden konnte. Der kürzere Schenkel dieses dreiecksförmigen Nystagmussignals stellte die schnelle Nystagmusphase dar, der längere Schenkel mit der flacheren Steigung die langsame Phase. Die Nystagmusrichtung wurde nach der schnellen Nystagmusphase benannt. Die Nystagmusfrequenz gab die Anzahl der Schläge pro Minute an, und die Nystagmusamplitude bezeichnete das Lot vom Gipfelpunkt des dreiecksförmigen Nystagmussignals auf die Null-Linie. Weitere Parameter waren der Anstiegswinkel der schnellen und der langsamen Phase sowie die Gesamtdauer des Schlages.

Die "square waves" stellten Störungen des Nystagmussignals dar, bei denen die langsamen Nystagmusphasen fehlten. Umgekehrt fehlten bei den Undulationen die schnellen Nystagmusphasen, d.h. das Auge glitt langsam von einer Richtung zur anderen. Bei der Koordination des Horizontalnystagmus unterschieden wir nach CLAUSSEN vier verschiedene Typen:

Typ I: gleichgerichteter binokulärer Horizontalnystagmus (77 %)

Typ II: konvergent dissoziierter binokulärer Horizontalnystagmus (13 %)

Typ III: divergent dissoziierter binokulärer Horizontalnystagmus

Typ IV: monokuläre Lähmung des Horizontalnystagmus (3 %)

(s. Abb. 2)

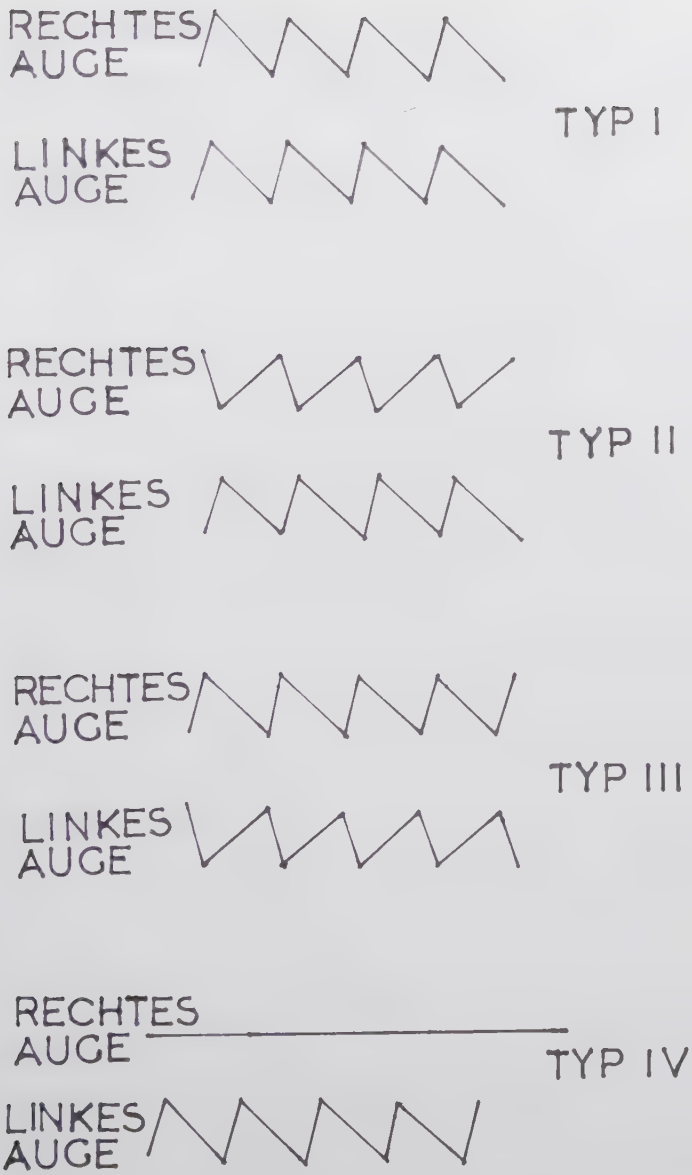


Abb. 2: Die Nystagmuskoordination (CLAUSSEN)

Mit Hilfe der Elektronystagmographie konnten diese Nystagmussignale aufgezeichnet werden. Man machte sich hierbei die Dipoleigenschaft des Auges zunutze, bei dem die Retina der negativ geladene und die Cornea der positiv geladene Pol war. Dieser okuläre Dipol verschob sich bei den Augenbewegungen, und die daraus resultierenden Potentialänderungen konnten mit Hilfe von Elektroden aufgezeichnet werden. Hierbei spielte neben dem elektronischen Verstärker vor allem die Art der Elektroden eine wichtige Rolle. Wir benutzten bei unseren Untersuchungen z-förmige ENG-Elektroden aus reinem Silberblech, die zur Verbesserung der Leitfähigkeit mit einer Elektrodencreme bestrichen wurden. Die Elektroden für die Registrierung der horizontalen Augenbewegungen klebten wir in die beiden äußeren Augenwinkel und auf den Nasenrücken, die Elektroden für die vertikalen Augenbewegungen befestigten wir oberhalb und unterhalb des linken Auges.
Mit Hilfe eines Mehrkanalschreibers konnten wir die horizontalen Augenbewegungen am rechten und am linken Auge monokulär und binokulär sowie die vertikalen Bewegungen monokulär gleichzeitig aufzeichnen. Weitere Kanäle wurden für die Aufzeichnung von Stimulusvorgängen (z.B. die Bewegung des Pendelstuhls) und von EKG-Ableitungen verwendet. Zur Amplitudenbestimmung wurde das Gerät vor jeder Untersuchung durch einen Impuls von 200 Mikrovolt, der einen Zeigerausschlag von 1 cm bewirkte, geeicht. Auch die Papiergeschwindigkeit wurde angegeben (Standardgeschwindigkeit 7,5 mm/sec) (s. Abb. 3).

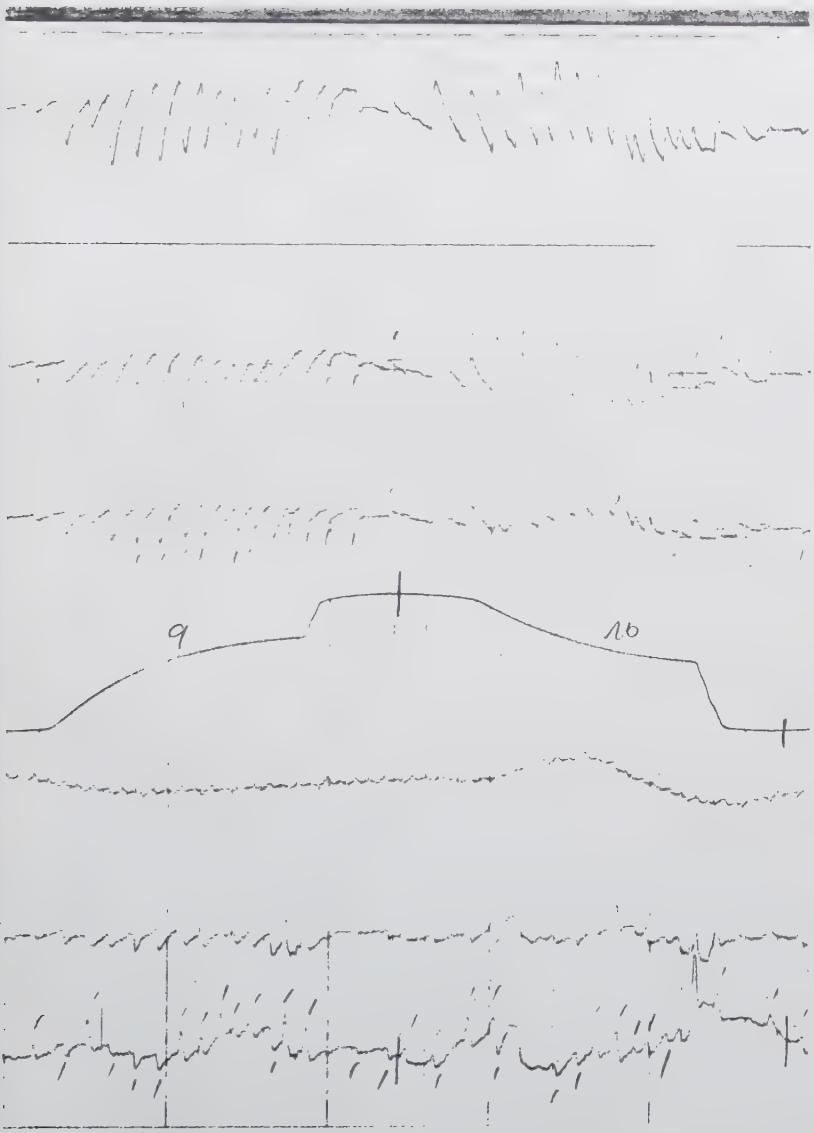


Abb. 3: Das Elektronystagmogramm einer Patientin beim Drehpendeltest

2. Der Spontannystagmus

Der Spontannystagmus gab die Nystagmusaktivität im Ruhezustand wieder. Hierbei mußte man zwischen einer liegenden Position beim kalorischen Test und einer sitzenden Haltung bei der Drehpendeluntersuchung unterscheiden. Zudem war die Nystagmusaktivität bei geschlossenen Augen höher als bei geöffneten. Ferner wurde der Spontannystagmus in der Regel durch die Fixation der Augen gehemmt. Wir untersuchten den Spontannystagmus bei unseren Patienten im Liegen in 30 Grad Kopfhochlage bei geschlossenen Augen, so daß sich die horizontalen Bogengänge in senkrechter Position befanden. Der Nystagmus wurde bei beiden Augen monokulär während 60 Sekunden aufgezeichnet, wobei nur das zweite 30-Sekunden-Intervall ausgewertet wurde. Diese Nystagmusschlagrate während 30 Sekunden nannten wir die zentrale Nystagmusfrequenz (CLAUSSEN). Hier wurde in früheren Untersuchungen eine durchschnittliche Norm des Spontannystagmus von 0 bis 17 rechtsgerichteten und von 0 bis 19 linksgerichteten Nystagmusschlägen pro 30 Sekunden ermittelt (CLAUSSEN).

3. Die Pendeluntersuchungen

Mit diesen optokinetischen Stimuli untersuchten wir die Blickfolgemechnismen der Patienten vor dem kalorischen Test und vor der Drehpendeluntersuchung. Beim liegenden Patienten in Kalorisationsposition benutzten wir ein galgenförmiges Blickfolgependel, das kreisförmig mit einer Frequenz von etwa 0,3 Hz um einen Drehpunkt schwang. Anhand des sinusförmigen Signals auf der ENG-Kurve konnte festgestellt werden, ob der Patient wirklich dem Eichstimulus folgte oder ob Koordinationsstörungen der Augenbulbi oder monolaterale Lähmungen vorlagen.

Vor der Drehpendeluntersuchung führten wir bei den sitzenden Patienten die horizontale und die vertikale Blickfolgependelprüfung durch. Hier benutzten wir ein 20 Grad nach rechts und 20 Grad nach links schwingendes Pendel bzw. eine mit ähnlicher Amplitude nach oben und nach unten schwingende Feder.

Die sinusförmigen Augenbewegungen der Patienten wurden elektronystagmographisch aufgezeichnet und die dabei auftretenden Rechts- und Linksnystagmen eines jeden Auges sowie die qualitative Koordination in das Drehpendelschema eingetragen.

4. Der kalorische Schmetterlingstest

Hauptbestandteil einer jeden neurootologischen Untersuchung war wegen der hohen Aussagekraft über die Lokalisation vestibulärer Störungen die kalorische Vestibularisprüfung, die BARANY 1906 beschrieben hat. Bei dieser monauralen Untersuchung wurde durch die Spülung des Gehörgangs mit warmem oder kaltem Wasser eine Auslenkung der Cupula im lateralen Bogengang bewirkt. Diese Auslenkung führte beim Patienten zu einem zur selben oder zur entgegengesetzten Seite gerichteten horizontalen Nystagmus, der elektronystagmographisch aufgezeichnet werden konnte.
Es war notwendig, daß der Patient bei diesem Test in die Kalorisationslage gebracht worden war, bei welcher der Kopf um 30 Grad gegenüber der Horizontalen angehoben ist, so daß der laterale Bogengang senkrecht stand. Wir unterrichteten den Patienten über den Ablauf der Untersuchung und schlossen durch eine genaue Inspektion des Trommelfells Perforationen oder entzündliche Prozesse des Mittelohrs aus. Nun führten wir einen Spülkatheder in den Gehörgang ein und befestigten ihn an der Wange. Um die Ohrmuschel klebten wir ein Plastiksäckchen an, so daß das überschüssige Spülwasser aufgefangen wurde. Dann wurden die Elektroden für die horizontalen Ableitungen in den lateralen Augenwinkeln und der Nasenwurzel und für die vertikale Ableitung über und unter dem linken Auge befestigt. Die hierbei benutzten Hautareale wurden zuvor mit einem in Alkohol getränkten Wattebausch entfettet.

Zur EKG-Ableitung befestigten wir außerdem die Elektroden nach Einthoven am rechten und linken Arm und am linken Bein. Nun spülten wir zur monauralen Stimulation 20 ml des 30 Grad Celsius bzw. 44 Grad Celsius warmen Wassers gleichmäßig

während 30 Sekunden über den Spülkatheder in den äußeren Gehörgang. Zuerst führten wir die Warmspülungen und dann die Kaltspülungen rechts und links durch, wobei wir nach jedem Spülvorgang zur Erholung des gereizten Bogengangrezeptors eine Pause von 5 Minuten einlegten. Die Nystagmusreaktion wurde mit Hilfe des Elektronystagmographen von Spülbeginn an 3 Minuten lang mit einer Papiergeschwindigkeit von 7,5 mm/sec aufgezeichnet. Bei der anschließenden Auswertung der kalorischen Vestibularisreaktion benutzten wir gemäß dem Schmetterlingsschema von CLAUSSEN als Parameter die Nystagmusschlagrichtung, die sog. zentrale Nystagmusfrequenz während 30 Sekunden im Kulminationsbereich und die Kumulationslatenz. Hierzu unterteilten wir die ENG-Kurve in 10-Sekunden-Intervalle und zählten die Nystagmusschläge eines jeden Intervalls. Wir fanden einen parabelförmigen Aufbau der postkalorischen Nystagmusantwort, d.h. nach einer Latenzphase nahm die Nystagmusschlagzahl bis zu einem Maximum, dem sog. Kulminationsbereich, zu und nahm dann bis zum Ende der Reaktion wieder ab. Das Zentrum dieses Kulminationsbereichs lag im Wendepunkt des Integrals der Nystagmusfrequenzverteilung über der Zeit, und die bis dahin verstrichene Zeit hieß Kumulationslatenz. (s. Abb. 4)

Die Nystagmusschlagzahl im Kulminationsbereich, der definitionsgemäß drei 10-Sekunden-Intervalle umfaßte, hieß die zentrale Nystagmusfrequenz und wurde in den betreffenden Quadranten des Schmetterlingsschemas eingetragen und mit dem Nullpunkt verbunden.

In den oberen Teil dieses Schemas wurden die rechtsgerichteten Schläge der rechten Warmspülung und der linken Kaltspülung eingetragen, in den unteren Teil die linksgerichteten Schläge der linken Warmspülung und der rechten Kaltspülung. In den Schemata NODEC I und NODEC II sind neben Feldern für den Spontannystagmus auch die statistisch ermittelten Normbereiche von 40 $\pm$ 20 Nystagmusschlägen pro 30 Sekunden (CLAUSSEN) enthalten.

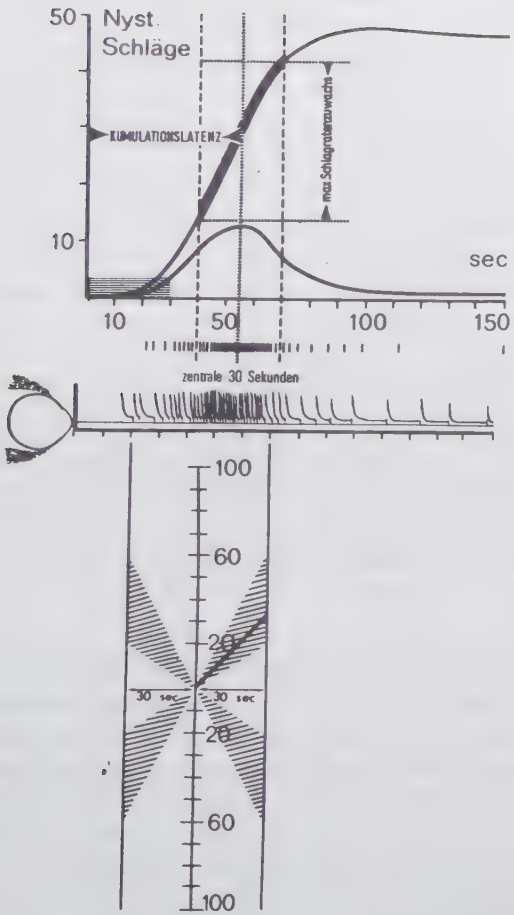
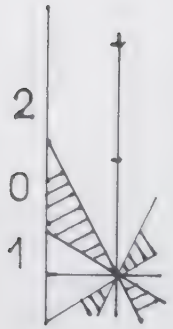


Abb. 4: Die Nystagmusfrequenzverteilung als Integral über der Zeit (CLAUSSEN)

Somit konnte das Schmetterlingsmuster algebraisch mittels eines trinären Codes beschrieben werden, wobei Zustand 0 eine im Normbereich liegende Kennlinie bezeichnete, Zustand 1 eine unterhalb und Zustand 2 eine oberhalb des Normbereichs liegende Kennlinie (s. Abb. 5).



0 = NORMALE REAKTION
1 = GEHEMMTE REAKTION
2 = ENTHEMMTE REAKTION

Abb. 5: Die 3 Codeziffern der Schmetterlingskennlinien (CLAUSSEN)

Reihte man die zentralen Frequenzwerte für rechts warm, rechts kalt, links warm und links kalt aneinander, erhielt man eine vierstellige Codenummer. Hieraus ergaben sich diagnostische Hinweise auf den Sitz der Gleichgewichtsfunktionsstörung (CLAUSSEN).

5. Die Drehpendelprüfung

Bei der Untersuchung neurootologischer Patienten wurden neben dem kalorischen Test auch Gleichgewichtsprüfungen auf Drehstühlen durchgeführt, z.B. beim überschwelligen Rotationsintensitätsdämpfungstest (RIDT). Im Gegensatz zum kalorischen Test wurden hier beide Vestibularapparate gleichzeitig gereizt, so daß eine eindeutige Seitenzuordnung nur schwer möglich war. Außerdem hatte der rotatorische Intensitätsdämpfungstest den Nachteil, daß unphysiologische lineare Reize benutzt

wurden, wie sie nur im Experiment vorkamen; zudem waren die linearen Drehbeschleuniger sehr teuer und daher nicht für jedermann anschaffbar. Vorteilhaft waren die genau nach Intensität und Zeitdauer meßbaren Stimuli, die supraliminal und supramaximal gesetzt werden konnten.
Bei unserer Drehpendelprüfung wurden die Nystagmusreaktionen der Patienten während der sinusförmigen Hin- und Herbewegungen auf dem Pendelstuhl registriert. Diese 20 sinusförmigen Halbschwingungen waren gekennzeichnet durch die Periodendauer (10 Sekunden), die wechselnde Amplitude der Sesselschwingung und die sinusförmige Winkelbeschleunigung.
Während der ersten 10 Halbschwingungen nahm die Amplitude der Sesselschwingung aufgrund der positiven Winkelbeschleunigung ständig zu, erreichte etwa bei der 10. Halbschwingung ein Maximum und nahm dann aufgrund der negativen Winkelbeschleunigung wieder ständig ab. Im Gegensatz zu der trapezoiden Drehbeschleunigungsschwellenprüfung lagen die von uns verwendeten Beschleunigungswerte supraliminal, wobei es sich nicht vermeiden ließ, daß in die jeweils ablaufende perrotatorische Nystagmusreaktion der entgegengesetzt gerichtete Stimulus hineinwirkte.
Der Patient saß bei unseren Untersuchungen mit seinem um 30 Grad vorgeneigten Kopf auf dem elektronisch programmierten Pendelstuhl. Zur Vermeidung von störenden elektromagnetischen Einflüssen wurden die Nystagmussignale bereits im Pendelstuhl verstärkt und über spezielle Schleifringe abgeleitet. Vor der Pendeluntersuchung prüften wir die Augenbewegungen der Patienten beim horizontalen und beim vertikalen Blickfolgependel. Dann dunkelten wir den Raum ab und baten die Patienten, die Augen zu schließen. Bei den nun folgenden 20 Halbschwingungen, bei denen die Richtung der Pendelbewegungen naturgemäß nach jeder Halbschwingung wechselte, fanden wir bei den Rechtsdrehungen einen perrotatorischen Rechtsnystagmus und bei den Linksdrehungen einen linksgerichteten Nystagmus, entsprechend der Auslenkungsrichtung der Cupula in den lateralen Bogengängen.
Die Augenbewegungen der Patienten wurden elektronystagmographisch

registriert, wobei die vor dem kalorischen Test auf der Gesichtshaut angebrachten Elektroden weiter verwendet werden konnten. Auf fünf Kanälen wurden die horizontalen Augenbewegungen monokulär und binokulär und die vertikalen Augenbewegungen monokulär neben den EKG-Ableitungen, der Eichmarke pro Sekunde und dem Stimulus des Pendelstuhls aufgezeichnet. Nach diesem Stimulus, der die Halbschwingungen des Pendelstuhls wiedergab, unterteilten wir bei der Auswertung die Kurve in 20 Intervalle, die von pi 1 bis pi 20 durchnumeriert wurden. Bei jedem dieser Intervalle wurden Frequenz und Amplitude der rechtsschlägigen und der linksschlägigen Horizontalnystagmen jedes einzelnen Auges und deren qualitative Koordination sowie die aufwärtsgerichteten und die abwärtsgerichteten Vertikalschläge des linken Auges ausgezählt.
Diese Werte wurden dann in den neurootologischen Auswertebogen Drehpendeltest, in dem auch die Schemata für das horizontale und das vertikale Pendel enthalten sind, gemäß ihrer pi-Nummer eingetragen (s. Abb. 6). Auf diese Weise konnten wir die Werte intraindividuell und, bezogen auf die 150 untersuchten Patienten, interindividuell miteinander vergleichen.

6. Die Anamnese

Das gründliche Durchführen einer Anmnese ist ein wesentlicher Bestandteil jeder ärztlichen Tätigkeit: Gab der Patient hier beispielsweise ein Drehgefühl an, vermutete man schon eine periphere Läsion des Vestibularisorgans und nicht etwa einen zentralen Schaden. Um eine statistische Vergleichbarkeit der Aussagen zu ermöglichen und um eine vollständige Anamnese zu gewährleisten, benutzten wir in der Neurootologie den Anamnesebogen NODEC III nach CLAUSSEN. So konnten auch bei mehrfachen Untersuchungen Änderungen der Befunde schnell erkannt werden (s. Abb. 7).

HORIZONTALES PENDEL

Nystagmusschläge (10pi)	rechtes Auge	linkes Auge
nach rechts		
nach links		
Koordination		

VERTIKALES PENDEL

Nystagmusschläge (10pi)	rechtes Auge	linkes Auge
nach rechts		
nach links		
Koordination		

PENDELVERSUCH

	rechtes Auge				linkes Auge				vertikal		qualitative Koordination
	Nystagmus Frequenz		Nystagmus Amplitude		Nystagmus Frequenz		Nystagmus Amplitude		linkes Auge		
	rechts Nvst.	links Nvst.	rechts Nvst.	links Nvst.	rechts Nvst.	links Nvst.	rechts Nvst.	links Nvst.	↑ auf	ab ↓	
pi 1											
pi 2											
pi 3											
pi 4											
pi 5											
pi 6											
pi 7											
pi 8											
pi 9											
pi10											
pi11											
pi12											
pi13											
pi14											
pi15											
pi16											
pi17											
pi18											
pi19											
pi20											

Abb. 6: Das Drehpendeltestschema

NODEC III — Verfahren nach Prof. Dr. C. F. Claussen

Spezielle neurootologische Anamnese:

Name:_____ Beruf:_____ Geburtsdatum:_____

Wohnung:_____ Untersuchungsdatum:_____

1) Schwindelsymptome:
- a) Schwankschwindel ( )
- b) Liftgefühl ( )
- c) Drehgefühl ( ) n. rechts ( ) n. links ( )
- d) Fallneigung ( ) n. rechts ( ) n. links ( )
- e) Schwarz-Werden-vor-Augen ( )
- f) Unsicherheit ( )

2) Vegetative Symptome:
- a) Schweißausbruch ( )
- b) Übelkeit ( )
- c) Würgen ( )
- d) Erbrechen ( )
- e) Kollaps ( )

3) Schwindelauslösung:
- a) Kinetose -Schiff, Flugzeug, Bahn, Auto- ( )
- b) Kopfdrehen ( )
- c) Bücken ( )
- d) Aufstehen ( )
- e) Blickwendung ( )

4) Dauer der Beschwerden:
- a) seit Stunden ( )
- b) seit Tagen ( )
- c) seit Wochen ( )
- d) seit Monaten ( )
- e) seit Jahren ( )
- f) seit Jahrzehnten ( )

5) Dauer des einzelnen Anfalls:
- a) 1 – 2 Sekunden ( )
- b) Minuten ( )
- c) Stunden ( )
- d) Tage ( )
- e) Wochen ( )
- f) Monate ( )
- g) langdauernd gleichmäßig ( )
- h) an- und abschwellend langdauernd ( )

6) Geruchsstörungen:
- a) Anosmie ( )
- b) Parosmie ( )

7) Sehstörungen:
- a) Unschärfe ( )
- b) Doppelbilder ( )
- c) Bewegungseindrücke ( ) ruckartige ( )
- d) Blindheit - rechts ( ) links ( )

8) Ohrensymptome:
- a) Ohrensausen - rechts ( ) links ( )
- b) Hörverminderung - rechts ( ) links ( )
- c) Taubheit - rechts ( ) links ( )
- d) Zust. n. Ohr-OP - rechts ( ) links ( )

9) Geschmacksstorungen:
- a) Ageusie ( )
- b) Parageusie ( )

10) Trigeminuszeichen:
- rechts ( )
- links ( )

11) Facialisparese:
- a) peripher - rechts ( ) links ( )
- b) zentral - rechts ( ) links ( )

12) Kopf-Hals-Trauma:
- a) Verkehrsunfall ( )
- b) Arbeitsunfall ( )
- c) Sportunfall ( )
- d) Hausunfall ( )

13) Neurologische Leiden: ( )

14) Herz-Kreislauf-Leiden:
- a) Hypertonus ( )
- b) Hypotonus ( )
- c) Arteriosklerose ( )
- d) Herzinsuffizienz ( )
- e) Zustand nach Herzinfarkt ( )

15) Diabetes mellitus: ( )

16) Nierenleiden: ( )

17) Pharmaka oder Genußmittel:
- a) Alkohol ( )
- b) Nikotin ( )
- c) Coffein ( )
- d) Salicylate ( )
- e) Streptomycin ( )
- f) Gentamycin ( )
- g) Contraceptiva ( )
- h) Sedativa ( )
- i) Antivertiginosa ( )
- j) Sonstige ( )

18) ..... -Untersuchung, Beschwerden:
- a) unverändert ( )
- b) leicht gebessert ( )
- c) deutlich gebessert ( )
- d) leicht verschlechtert ( )
- e) deutlich verschlechtert ( )

19) Sonstiges:

Abb. 7: Neurootologischer Anamnesebogen (CLAUSSEN)

Inhaltlich befaßten sich die ersten fünf Fragen mit den Schwindelsymptomen und den vegetativen Begleitsymptomen. Hier wurde nach Schwankschwindel, Liftgefühl, Drehgefühl und Fallneigung nach rechts oder nach links, Schwarz-Werden-vor-Augen und Unsicherheit gefragt. Ferner erkundigten wir uns nach Schweißausbruch, Übelkeit, Würgen, Erbrechen und Kollaps. Schwindelauslösung war möglich bei Fahrzeugbewegung, Kopfdrehen, Bücken, Aufstehen und Blickwendung. Dann wurde die Dauer der Beschwerden (Stunden, Tage, Wochen, Monate, Jahre und Jahrzehnte) und des einzelnen Anfalls (1-2 Sekunden, Minuten, Stunden, Tage, Wochen, Monate, langdauernd gleichmäßig oder an- und abschwellend langdauernd) erfragt.

Aufgrund der engen anatomischen Beziehungen fanden wir bei traumatischen Verletzungen oder entzündlichen Prozessen der Vestibularisregion häufig auch eine Mitbeteiligung des Geruchs-, Seh- oder Gehörorgans, z.B. bei der Menière-Krankheit oder bei den Kleinhirnbrückenwinkeltumoren.
Daher wurden auch die Hirnnerven, die Ohrensymptome, die Unfallanamnese sowie die neurologischen und die internistischen Leiden überprüft. So fragten wir nach Geruchsstörungen (Anosmie, Parosmie) und Sehstörungen (Unschärfe, Doppelbilder, Bewegungseindrücke und Blindheit rechts oder links). Außerdem erkundigten wir uns nach den rechts- oder linksseitigen Ohrensymptomen (Ohrensausen, Hörverminderung, Taubheit, Zustand nach Ohr-Operation) und den Geschmacksstörungen (Ageusie, Parageusie). Wir untersuchten die Trigeminuszeichen (rechts, links) und die Facialiszeichen (peripher, zentral und rechts, links). Ferner fragten wir nach einem Kopf-Hals-Trauma (Verkehrsunfall, Arbeitsunfall, Sportunfall, Hausunfall) und erhoben die neurologische und die internistische Anamnese (Hypertonus, Hypotonus, Arteriosklerose, Herzinsuffizienz, Zustand nach Herzinfarkt; Diabetes mellitus und Nierenleiden). Zum Schluß stellten wir fest, welche Pharmaka und Genußmittel (Alkohol, Nikotin, Coffein, Salicylate, Streptomycin, Gentamycin, Contraceptiva, Sedativa, Antivertiginosa und sonstige) der Patient eingenommen hat.

7. Die Untersuchungsauswertung

Die in der Anamnese gefundenen Ergebnisse wurden anschliessend in den Computer übertragen. Hierbei wurden zunächst die laufende Nummer, das errechnete Alter sowie Geschlecht, Körpergröße und -gewicht eingegeben. Es folgte, soweit angegeben, der Beruf. Dann wurde der oben besprochene Anamnesebogen nach einem zuvor genau festgelegten Schlüssel übertragen, wobei die in der NODEC III-Anamnese benutzten Schlüsselzahlen verwendet wurden.
Die Anamnese eines Patienten sah beispielsweise so aus:
071 050 1 172071 GAERTNER 010 032 043 052 061 072 091 124 172 170.
Der Patient Nr. 71 war also am Untersuchungstag 50 Jahre alt. Er war männlich, 1,72 m groß, 71 kg schwer und von Beruf Gärtner. In der Anamnese wurde als Schwindelsymptom eine Unsicherheit festgestellt und der Schwindel wurde beim Kopfdrehen ausgelöst. Die Beschwerden bestanden seit Wochen, ein Anfall dauerte Minuten, der Patient litt an einer Anosmie und einer Ageusie und er sah doppelt. Vermutlich als Ursache der Beschwerden hatte sich ein Hausunfall ereignet. Der Patient hat Nikotin, Coffein und sonstige Pharmaka zu sich genommen.

Außerdem wurden die Resultate des kalorischen Schmetterlingstests und die Ergebnisse des Drehpendelversuchs in die Datenverarbeitungsanlage eingegeben. Die Werte, die wir bei obigem Patienten fanden, sind in der Kasuistik wiedergegeben (Fall 8).

Die eingegebenen Anamnese-Schlüsselzahlen wurden nach Klassen ausgezählt, so daß festgestellt wurde, wie häufig ein Symptom vorhanden war. Bei den zentralen Frequenzen und den Kumulationen des kalorischen Schmetterlingstests und bei den Frequenzen und den Amplituden des Drehpendelversuchs wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Ferner wurden bei diesen Parametern die größten und die kleinsten Werte ausgezählt.

Der klinische Vergleich des kalorischen Tests mit dem Drehpendelversuch wurde mit Hilfe der Korrelationsstatistik durchgeführt, wobei die Wechselbeziehung zweier Variablen durch den Paarkorrelationskoeffizient (r(x/y)) zahlenmässig ausgedrückt wurde. GUILFORD hat folgendes festgestellt: Ein r weniger als 0.20 kennzeichnete eine schwache Korrelation, eine nahezu unbrauchbare Korrelation; r = 0.20 - 0.40 beschrieb eine niedere Korrelation, eine deutlich schwache Relation; r = 0.40 - 0.70 war eine mäßige Korrelation, eine wesentliche Relation; r = 0.70 - 0.90 war eine hohe Korrelation, eine bemerkenswerte Relation und r = 0.90 - 1.00 stellte eine sehr hohe Korrelation und eine sehr zuverlässige Relation dar.

E.R. CHADDOCK hat folgende Faustregel der Wechselbeziehung, ausgedrückt durch den Korrelations-Koeffizienten, aufgestellt:

1. Ein r weniger als 0.30 zeigte einen sehr geringen Zusammenhang an und war von zweifelhafter Bedeutung, besonders wenn die Anzahl der verglichenen Fälle gering war.
2. Ein r = 0.30 - 0.50 zeigte einen mäßigen Zusammenhang an, wenn der "wahrscheinliche Fehler" klein war.
3. Ein r = 0.50 - 0.70 zeigte einen deutlichen Zusammenhang an, der auch praktisch verwertbar war.
4. Ein r = 0.70 - 0.90 wies auf einen geradezu engen Zusammenhang hin.
5. Ein r = 0.90 und darüber trat erst bei sehr hohen Zusammenhängen und einer sehr hohen Abhängigkeit der beiden Variablen auf (HILLEBRANDT).

III. STATISTISCHE ERGEBNISSE

1. Die Anamnesenauswertung

Dieser Darstellung lagen die Anamnesen von 150 Patienten zugrunde, die vom Mai 1976 bis zum März 1977 in der Neurootologischen Abteilung der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke in Würzburg untersucht worden sind.

Das Alter der Patienten wurde nach Lebensdekaden unterteilt, wobei der Häufigkeitsgipfel mit 28,0 % im Bereich der 40- bis 50jährigen lag. Es folgten die 30- bis 40jährigen mit 20,7 % sowie die 50- bis 60jährigen mit 16,7 % (Abb. 8). Bei der Geschlechtsverteilung bestand bei 59,3 % männlich und 40,7 % weiblich ein erheblicher Unterschied.

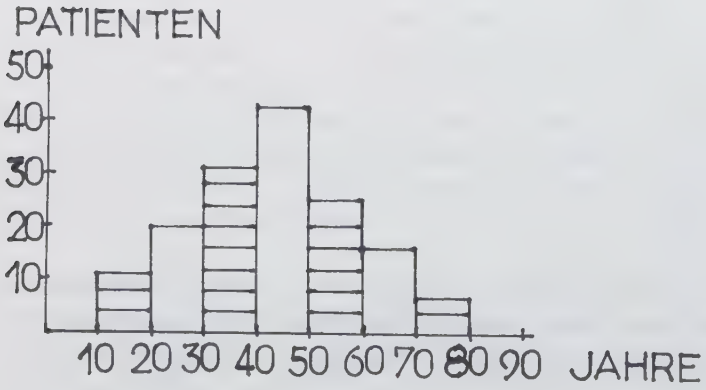


Abb. 8: Verteilung der Altersstruktur der 150 Patienten

Nur 119 der untersuchten 150 Patienten, d.h. 79,3 %, beschrieben Schwindelsymptome. Hierbei lag der Schwankschwindel mit 38,0 % an der Spitze, gefolgt von der Fallneigung nach rechts mit 33,3 %. Eine Fallneigung nach links gaben dagegen nur 5,3 % der Patienten an. Eine Unsicherheit fanden wir bei 15,3 % der Patienten, einen Drehschwindel nach links bei 12,0 %, einen Drehschwindel nach rechts bei 10,0 %. Außerdem wurde es 6,0 % der Patienten schwarz vor Augen, und einen Liftschwindel bemerkten 3,3 %.
Vegetative Symptome gaben 49,3 % der Patienten an. Hierbei klagten 30,0 % über Schweißausbruch und 27,3 % über Übelkeit. 12,0 % hatten erbrochen, 7,3 % kollapierten und 6,7 % hatten gewürgt (s. Abb. 9).

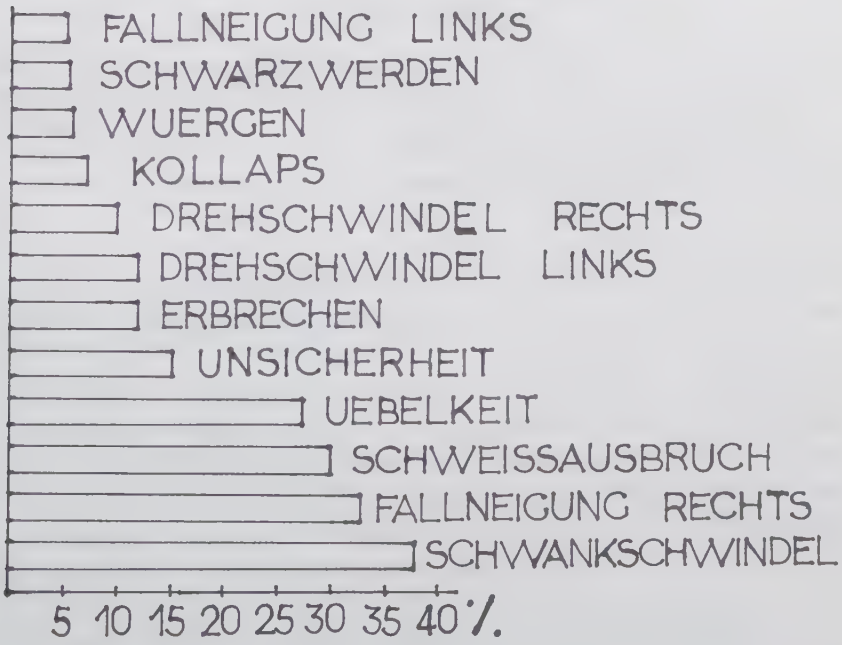


Abb. 9: Statistisches Auftreten von Schwindel und vegetativen Symptomen an 150 Patienten

Bei den meisten Patienten wurde der Schwindel durch Lageänderung bei plötzlichem Aufstehen (35,3 %) oder Bücken (31,3 %) sowie bei Kopfdrehen (25,3 %) ausgelöst. Weitaus seltener wurden Blickwendung (9,3 %) und Kinetose (8,7 %) angegeben (s. Abb. 10).

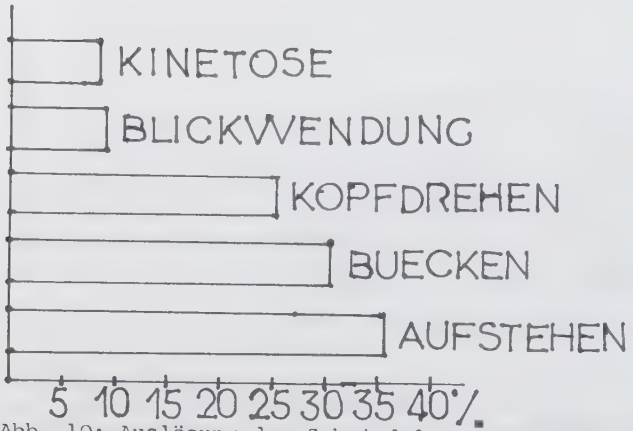


Abb. 10: Auslösung des Schwindels an 150 Patienten

Die Mehrzahl der Patienten litten schon seit Jahren (34,7 %) oder Monaten (19,3 %) unter ihren Beschwerden. Jeweils 4,7 % der Untersuchten hatten ihre Symptome seit Tagen oder Wochen, 4,0 % seit Jahrzehnten.

Die Anfälle dauerten bei den meisten Patienten 1 - 2 Sekunden (28.7 %) oder Minuten (22,0 %); mehrere Stunden währten sie bei 9,3 %, Tage nur bei einem Patienten (0,7 %). 6,0 % der Patienten gaben einen langdauernden gleichmäßigen Schwindelanfall an, 3,3 % einen an- und abschwellenden (s. Abb. 11).

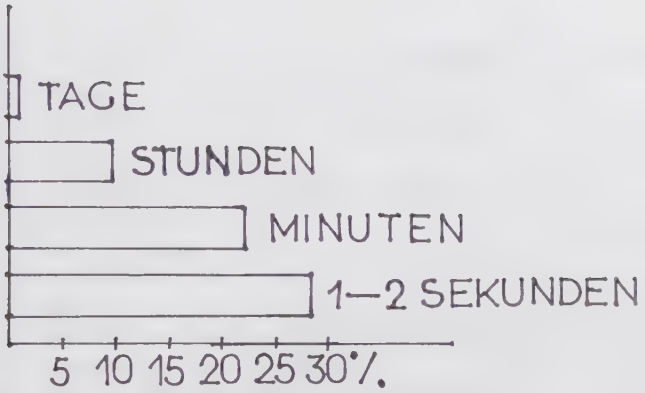


Abb. 11: Dauer der Anfälle bei 150 Patienten

Bei unseren Patienten fanden wir folgende Symptome oder Störungen: 2,0 % der Patienten waren anosmisch, 1,3 % parosmisch (s. Abb. 12).

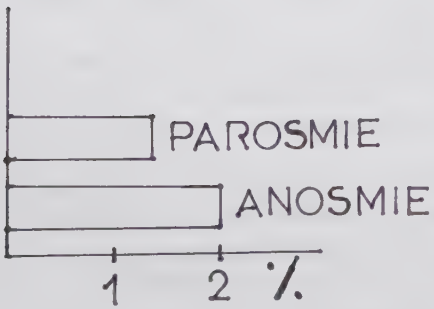


Abb. 12: Geruchsverlust bei 150 Patienten

Eine Beeinträchtigung ihres Hörvermögens gaben rechts 20,7 % und links 22,7 % der untersuchten Patienten an; eine Hörverminderung rechts hatten 26,0 %, links 22,0 % der Patienten. Taubheit auf dem rechten Ohr (1,3 %) kam häufiger vor als auf dem linken Ohr (0,7 %), und zwei Patienten (1,3 %) hatten eine Ohroperation rechts, keiner links (Abb. 13).

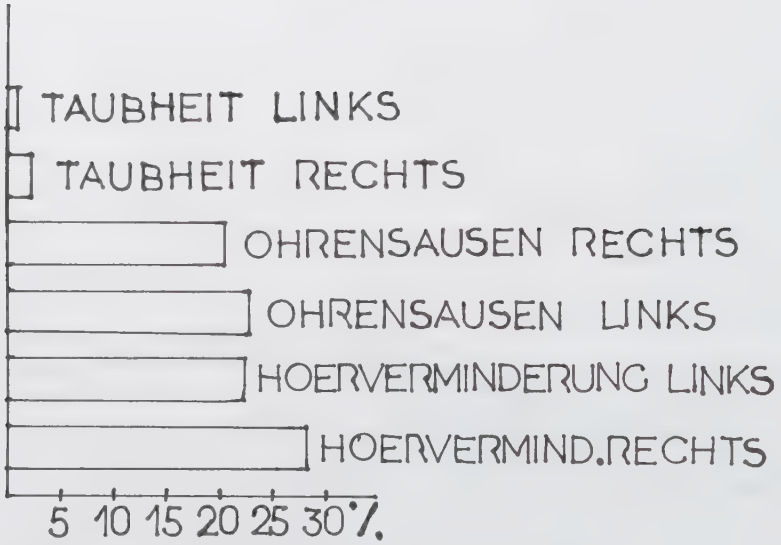


Abb. 13: Ohrensymptome der 150 Patienten

Einen Geschmacksverlust und eine veränderte Geschmacksempfindung stellten wir bei einem Patienten (0,7 %) fest. Eine rechtsseitige Trigeminusneuralgie konnten wir nicht erheben, eine linksseitige einmal (0,7 %). Einmal bemerkten wir auch eine linksseitige periphere Facialisparese.

Häufig war ein Unfall die Ursache der aufgetretenen Schwindelsymptome; bei 5,3 % der Patienten handelte es sich um einen Verkehrsunfall, bei 2,7 % um einen Arbeitsunfall, bei 1,3 % um einen Sportunfall und bei 2,0 % um einen Hausunfall (s. Abb. 14).

Unter einer Grundkrankheit litten etwa ein Fünftel der untersuchten Patienten. 6,0 % hatten einen zu hohen und 12,7 % einen zu niedrigen Blutdruck, bei einem Patient (0,7 %) lag eine Arteriosklerose vor. Eine Herzinsuffizienz gaben vier Patienten (2,7 %) und einen früheren Herzinfarkt zwei Patienten (1,3 %) an. Unter neurologischen Erkrankungen litten acht Patienten (5,3 %), und je ein Patient (0,7 %) hatte ein Nierenleiden und einen Diabetes mellitus (s. Abb. 15).

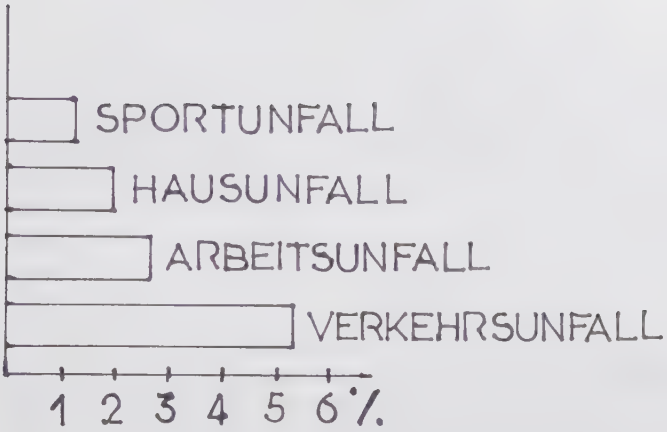


Abb. 14: Unfälle der Patienten

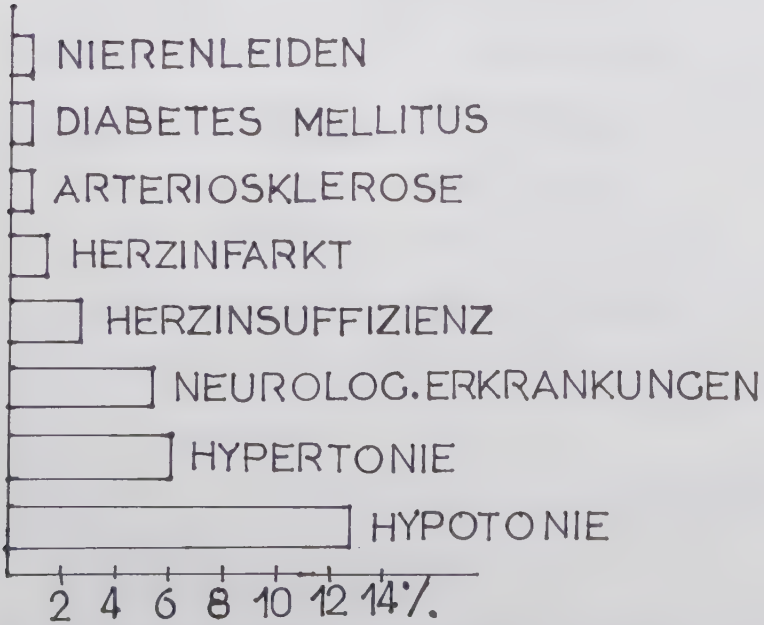


Abb. 15: Grundleiden der 150 Patienten

Etwa ein Drittel der Patienten gab den Genuß von Medikamenten an, wobei vor allem Salicylate (14,0 %), Nikotin (8,0 %), Coffein (6,7 %) und Alkohol (5,3 %) eingenommen wurden. Fünf Patienten (3,3 %) nahmen Medikamente gegen den Schwindel, je ein Patient (0,7 %) nahm Gentamycin, Contraceptiva und Sedativa, und zwei Patienten (1,3 %) machten keine Angaben (s. Abb. 16).

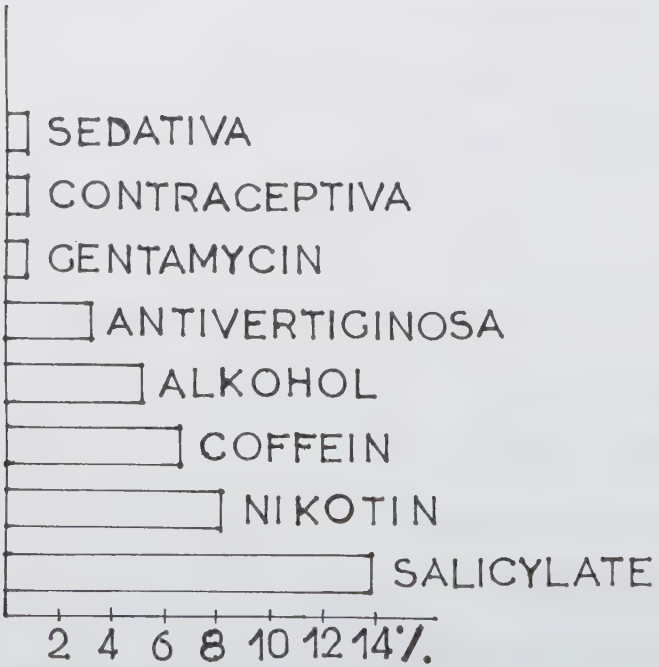


Abb. 16: Pharmaka der 150 Patienten

2. der kalorische Schmetterlingstest

a) Der Spontannystagmus

Der Spontannystagmus gab die Basisaktivität des zentralen Nystagmusgenerators, die allen experimentellen Prüfungen zugrundegelegt werden mußte, wieder. Er war auch bei normalen Menschen in erheblichem Umfang vorhanden. Er wurde durch Belichtung in seiner Aktivität vermindert und durch Dunkelheit gesteigert. Wir prüften den spontanen Nystagmus in der Standardkopflage von 30° in Rückenlage bei geschlossenen Augen. Die dabei gefundene Nystagmusschlagrate während 30 Sekunden wurde dann in das NODEC III-Schema eingetragen und in den Computer übertragen. Dabei fanden wir folgende Ergebnisse: Ein sicherer Spontannystagmus konnte bei 22,7 % der Patienten nicht registriert werden. Ein richtungswechselnder, spontaner Nystagmus war bei 64,7 % der Fälle nachweisbar, wobei die Nystagmusschlagrate im 30-sec-Intervall bei den Linksschlägen 16,0 und bei den Rechtsschlägen 16,5 betrug. Ein linksschlägiger Spontannystagmus mit einer Durchschnittsschlagrate von 19,0 war bei 6,7 % der Patienten zu beobachten, ein rechtsschlägiger Nystagmus mit der Durchschnittsschlagrate von 21,8 bei 5,3 % der Untersuchten (s. Abb. 17).

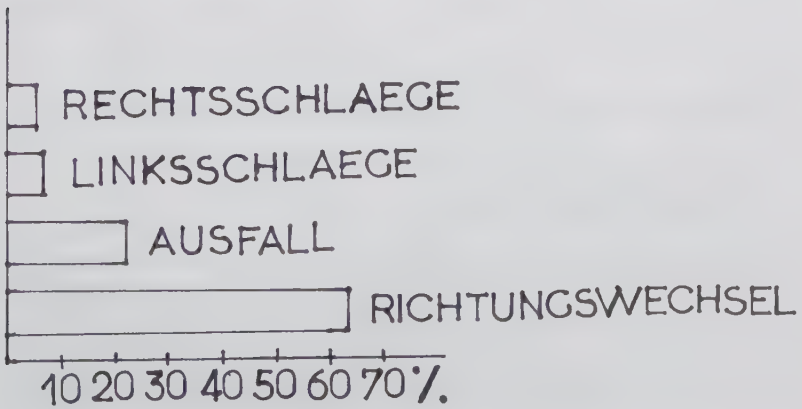


Abb. 17: Richtung des Spontannystagmus beim Schmetterlingstest

b) Die monaurale kalorische Vestibularisprüfung

Bei dieser Untersuchung wurden bei jedem Patienten vier kalorische Einzelprüfungen durchgeführt, d.h. man führte in jedes Ohr 20 ml 30°C bzw. 44°C warmes Wasser während 30 Sekunden ein. Die Nystagmusreaktion wurde jeweils 3 Minuten lang aufgezeichnet. Bei der Kurvenauswertung benutzten wir die sog. zentrale Nystagmusfrequenz während 30 Sekunden im Kulminationsbereich. Außerdem gaben wir stets die Kulminationslatenz an (s. Abb. 4).

Bei der statistischen Auswertung der 150 untersuchten Patienten erhielten wir folgende Ergebnisse:
Die zentrale Durchschnittsfrequenz bei der 44°C Spülung des rechten Ohres betrug 35,0 Schläge pro 30 sec. bei einer Standardabweichung von 17,6 sowie einer Kumulationslatenz von 64,8 sec und einer Standardabweichung von 16,7 sec. Bei der 30°C Spülung desselben Ohres erhielten wir eine zentrale Durchschnittsfrequenz von 41,0 Schläge pro 30 sec bei einer Standardabweichung von 18,9 sowie einer Kumulationslatenz von 65,3 sec bei einer Standardabweichung von 16,5 sec.
Beim linken Ohr ergaben sich bei der 44°C Spülung ein durchschnittlicher Frequenzwert von 36,3 Schläge pro 30 sec bei einer Standardabweichung von 17,4 und eine Kumulationslatenz von 64,8 sec bei einer Standardabweichung von 16,7 sec. Bei der 30°C Spülung fanden wir einen Frequenzwert von 43,1 Schläge pro 30 sec (Standardabweichung 18,8) und eine Kumulationslatenz von 65,8 sec (Standardabweichung 16,0 sec) (s. Abb. 18).
Alle diese Durchschnittswerte lagen innerhalb der Normbereiche von NODEC I nach CLAUSSEN.

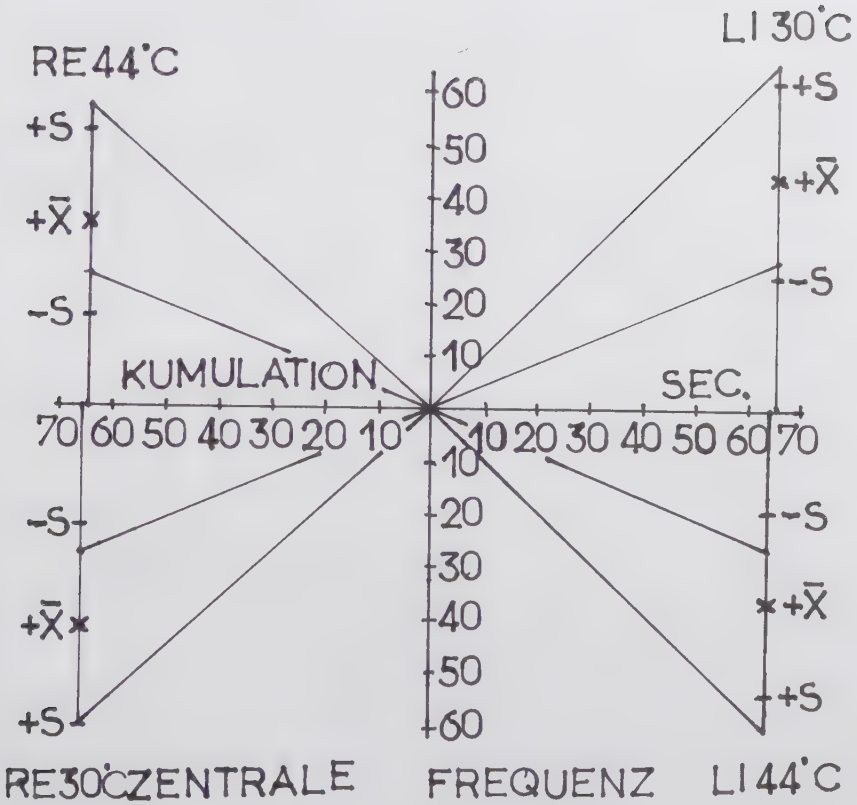


Abb. 18: Vergleich der Messwerte des Schmetterlingstests mit den Werten der Datenbank NODEC I

Bei der Beurteilung der Nystagmusschlagrichtung und der -koordination konnte man entsprechend der Bewegungsrichtung der Augen vier Typen unterscheiden:

1. rechtes Auge, vertikale Richtung
2. rechtes Auge, horizontale Richtung
3. linkes Auge, horizontale Richtung
4. linkes Auge, vertikale Richtung.

Bei der Warmspülung des rechten Ohres unserer 150 Patienten bewegte sich das rechte Auge zu 60,7 % nach oben und zu je 10 % nach unten bzw. oben-unten sowie zu 65,3 % nach rechts, zu 4,0 % nach links und zu 8,7 % nach rechts-links. Das linke Auge bewegte sich hier zu 59,3 % nach oben, zu 10,7 % nach unten und zu 11,3 % nach oben-unten sowie zu 57,3 % nach rechts, zu 4,0 % nach links und zu 12,0 % nach rechts-links.
Bei der Kaltspülung des rechten Ohres bewegte sich das rechte Auge zu 62,7 % nach oben, zu 9,3 % nach unten und zu 8,0 % nach oben-unten sowie zu 56,7 % nach links, zu 3,3 % nach rechts und zu 16,0 % nach rechts-links. Das linke Auge bewegte sich zu 62,7 % nach oben, zu 8,7 % nach unten und zu 9,3 % nach oben-unten sowie zu 55,3 % nach links, zu 2,0 % nach rechts und zu 15,3 % nach rechts-links.
Bei der Warmspülung des linken Auges bewegte sich das rechte Auge zu 56,7 % nach oben, zu 14,7 % nach unten und zu 8,7 % nach oben-unten sowie zu 52,7 % nach links, zu 5,3 % nach rechts und zu 12,0 % nach rechts-links. Das linke Auge bewegte sich zu 58,7 % nach oben, zu 14,0 % nach unten und zu 8,0 % nach oben-unten sowie zu 50,7 % nach links, zu 5,3 % nach rechts und zu 13,3 % nach rechts-links.
Bei der Kaltspülung des linken Auges bewegte sich das rechte Auge zu 66,0 % nach oben, zu 8,0 % nach unten und zu 6,0 % nach oben-unten sowie zu 74,7 % nach rechts, zu 2,7 % nach links und zu 7,3 % nach rechts-links. Das linke Auge bewegte sich zu 65,3 % nach oben, zu 10,7 % nach unten und zu 4,7 % nach oben-unten sowie zu 72,7 % nach rechts, zu 1,3 % nach links und zu 6,7 % nach rechts-links.

c) Das Blickfolgependel

Der Patient befand sich in der Kalorisationslage und folgte mit seinen Augen dem angebotenen Stimulus. Die hierbei festgestellten Nystagmen wurden ausgezählt. 24,2 % der untersuchten Patienten hatten keine Linksnystagmusschläge, 2,7 % hatten einen Linksschlag, 10,7 % hatten zwei, 12,1 % hatten drei,

8,7 % vier und je 8,1 % fünf und sechs Nystagmusschläge zur linken Seite.
24,8 % der Patienten hatten keine Rechtsnystagmusschläge, 4,7 % hatten einen Rechtsschlag, 6,0 % hatten zwei, 12,8 % hatten drei, 7,4 % vier, 8,1 % fünf und 6,0 % sechs Nystagmusschläge zur rechten Seite (s. Abb. 19).
Der Mittelwert der Linksnystagmusschläge betrug 4,3020 bei einer Standardabweichung von 3,8427, der Mittelwert der Rechtsnystagmusschläge war 4,6913 bei einer Standardabweichung von 4,3927.

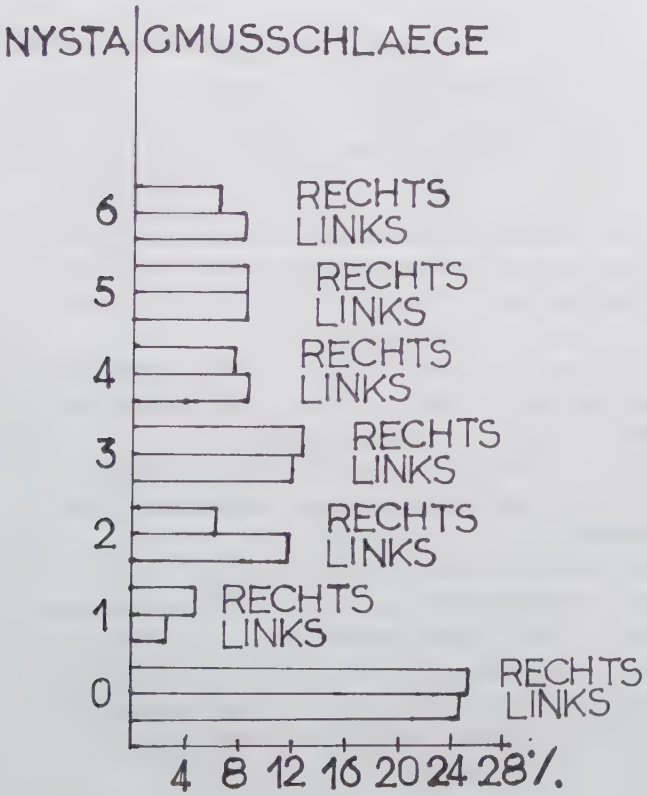


Abb. 19: Aufgetretene Nystagmen beim Blickfolgependel

3. Der rotatorische Drehpendelversuch

Vor der eigentlichen Drehpendeluntersuchung führten wir bei den sitzenden Patienten eine horizontale und eine vertikale Pendeluntersuchung durch. Hierbei fanden wir für ein festgesetztes Intervall (10 Halbschwingungen) folgende durchschnittliche Nystagmusschlagzahlen:

	Horizontales Pendel	
	rechtes Auge	linkes Auge
Rechtsschläge	2,64 ± 3,36	4,27 ± 4,24
Linksschläge	3,50 ± 3,55	2,40 ± 2,82

	Vertikales Pendel	
	rechtes Auge	linkes Auge
Rechtsschläge	8,95 ± 5,06	8,78 ± 5,05
Linksschläge	4,52 ± 3,21	4,23 ± 3,15

Wir fanden also die höheren Mittelwerte beim vertikalen Pendel, und hier vor allem bei den Rechtsschlägen. Ein ähnliches Bild ergab sich auch bei den größten Nystagmusfrequenzwerten (die kleinsten Werte waren stets gleich 0):
Beim horizontalen Pendel stellten wir beim rechten Auge höchstens 20 Rechtsschläge und 19 Linksschläge, beim linken Auge höchstens 22 Rechtsschläge und 13 Linksschläge fest.
Beim vertikalen Pendel sahen wir beim rechten Auge höchstens 24 Rechtsschläge und 14 Linksschläge, beim linken Auge höchstens 27 Rechtsschläge und 13 Linksschläge.
Die Auswertung der Nystagmuskoordination ergab den Typ I nach CLAUSSEN beim horizontalen Pendel zu 73,4 % und beim vertikalen Pendel zu 96,6 %. Typ II war bei durchschnittlich 25,0 % der Patienten beim horizontalen und bei 2,8 % beim vertikalen Pendel zu finden, und Typ III sahen wir beim horizontalen Pendel zweimal (1,6 %) und beim vertikalen Pendel einmal (0,7 %).

Beim rotatorischen Drehpendelversuch erhielten wir bei jeder der 20 Halbdrehungen des Drehstuhls (pi1 bis pi 20) folgende 11 Werte: Die Frequenz des rechten und des linken Nystagmus sowohl des rechten als auch des linken Auges, die Amplitude des rechten und des linken Nystagmus beider Augen, die Vertikalschläge nach oben und nach unten des linken Auges, und die qualitative Koordination der Nystagmusschläge. Diese Werte wurden in den Computer eingegeben, und wir erhielten von den ersten zehn Werten die Mittelwerte, die Standardabweichungen, die kleinsten und die größten Werte sowie die Häufigkeitsauszählungen der qualitativen Koordination. Mittelwerte und Standardabweichungen der Nystagmusfrequenzen der 150 untersuchten Patienten sind in Tabelle 1 wiedergegeben.
Wir stellten fest, daß die maximale bzw. minimale Nystagmusschlagrate am rechten und am linken Auge ausnahmslos entsprechend der Drehpendelrichtung alternierte.

Tab. 1: Mittelwerte (Mi) und Standardabweichungen (St) der Frequenzen

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Rechtsnyst.		Linksnyst.		Rechtsnyst.		Linksnyst.	
	Mi	St	Mi	St	Mi	St	Mi	St
pi 1	5.43	5.29	5.58	4.29	4.37	4.35	6.34	4.32
pi 2	8.32	4.80	2.65	2.73	7.27	4.21	2.69	2.91
pi 3	3.65	4.35	7.25	4.93	2.71	3.03	8.70	5.21
pi 4	10.69	5.86	1.83	2.28	9.37	5.33	2.25	2.72
pi 5	2.97	3.52	9.69	6.15	2.03	2.64	11.07	6.66
pi 6	12.57	6.92	1.66	2.23	11.43	6.48	1.97	2.60
pi 7	2.73	3.43	11.12	6.93	2.12	3.05	12.87	7.55
pi 8	13.38	7.55	1.75	2.20	12.27	7.23	1.70	2.15
pi 9	2.81	3.55	11.71	8.04	2.31	3.71	13.41	8.45
pi 10	15.09	8.56	1.51	1.94	13.79	8.20	1.85	2.59
pi 11	2.81	3.75	12.81	8.99	2.53	3.68	14.45	9.79
pi 12	14.84	8.82	1.43	1.99	13.29	7.75	1.77	2.57
pi 13	3.07	3.84	11.72	7.74	2.28	3.14	13.27	7.95
pi 14	13.91	8.36	1.43	2.10	13.14	7.81	1.66	2.21
pi 15	3.12	4.14	10.42	7.28	2.23	3.52	12.55	8.08
pi 16	12.65	7.46	1.69	2.10	11.34	6.70	2.22	2.96
pi 17	2.98	3.53	9.15	6.32	2.31	2.68	10.97	7.19
pi 18	9.93	6.56	2.01	2.53	9.00	5.72	2.63	2.98
pi 19	4.01	4.13	5.87	5.02	3.25	3.27	7.29	5.33
pi 20	5.79	4.39	3.58	3.22	5.29	4.34	4.49	3.26

Die maximalen Schlagraten sind unterstrichen.

Die größte Schlagratenintensität am rechten Auge fanden wir bei den Rechtsschlägen mit 15,09 und einer Standardabweichung von 8,56 bei pi 10 und bei den Linksschlägen mit 12.81 und einer Standardabweichung von 8.99 bei pi 11. Zweistellige Nystagmusschlagzahlen fanden wir bei den Maximalwerten von pi 4 bis pi 16. Es fiel auf, daß die Rechtsschläge durchweg um etwa zwei Schläge höher lagen als die Linksschläge. Dieses Resultat fand man auch, wenn man die einzelnen Nystagmusschläge der ersten bis zur zwanzigsten Halbperiode addierte. Hierbei erfuhren wir gleichzeitig etwas über den gesamten Ablauf der sensomotorischen Reaktion des Vestibularapparates. Die Summe der geradzahligen pi-Werte der Rechtsnystagmen, d.h. der maximalen Schlagraten ergab am rechten Auge von pi 2 bis pi 10 60.05 und von pi 12 bis pi 20 57.12 Schläge; insgesamt also 117.17. Die Summe der ungeradzahligen pi-Werte der Rechtsnystagmen am rechten Auge ergab von pi 1 bis pi 9 17.59 und von pi 11 bis pi 19 15.99 Schläge; insgesamt also 33.53. Die Summe aller Rechtsnystagmen am rechten Auge war 150.75 (s. Abb. 20).

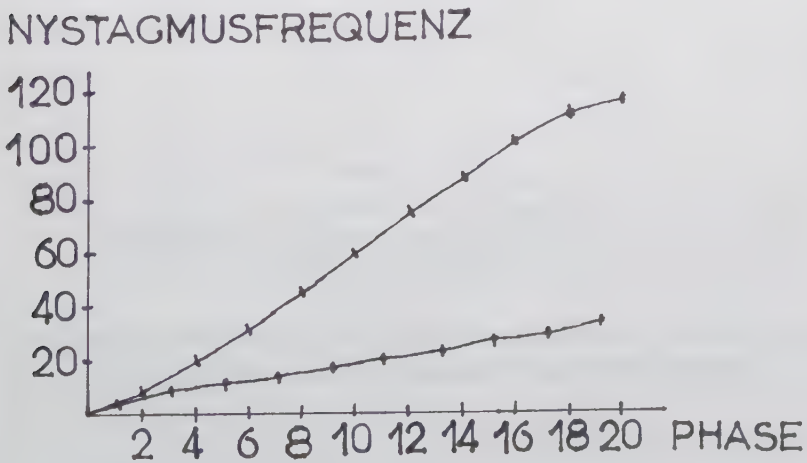


Abb. 20: Summe der maximalen und minimalen Frequenzwerte der Rechtsnystagmen des rechten Auges von pi 1 bis pi 20

Die Summe der maximalen Schlagraten der Linksnystagmen des rechten Auges war von pi 1 bis pi 9 45.35, von pi 11 bis pi 19 49.97 und insgesamt 95.32. Bei den minimalen Schlagraten dieses Linksnystagmus ergab sich von pi 2 bis pi 10 eine Summe von 9,4 und von pi 12 bis pi 20 eine Summe von 10.14, insgesamt also eine Summe von 19.54. Wir fanden somit am rechten Auge während der gesamten Drehpendeluntersuchung 114.86 Linksnystagmusschläge als Mittelwert der 150 Patienten (s. Abb. 21).
Dieser Wert lag um 35.89 unter dem entsprechenden Wert der Rechtsnystagmen, so daß bei jeder Halbschwingung durchschnittlich 1.79 Rechtsnystagmusschläge mehr als Linksnystagmusschläge vorkamen.

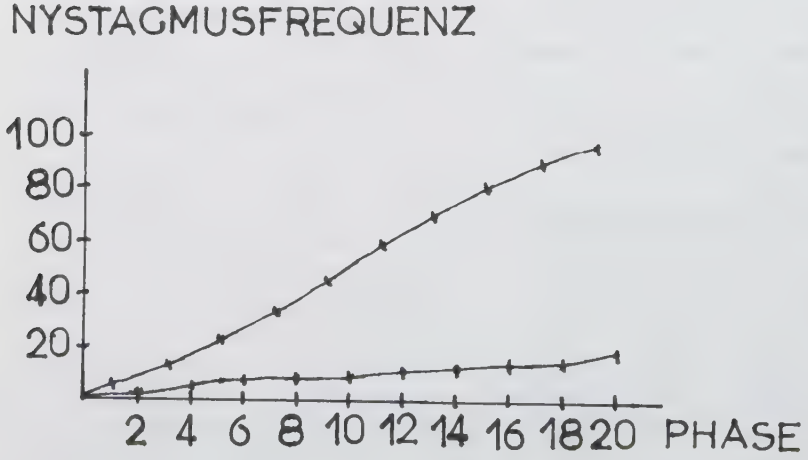


Abb. 21: Summe der maximalen und minimalen Frequenzwerte der Linksnystagmen des rechten Auges von pi 1 bis pi 20

Beim linken Auge fanden wir die größte Nystagmusschlagratenintensität bei den Rechtsschlägen mit 13.79 und einer Standardabweichung von 8.20 bei pi 10 und bei den Linksschlägen mit 14.45 und einer Standardabweichung von 9.79 bei pi 11. Zweistellige Nystagmusmaximalschlagzahlen fanden wir von pi 5 bis pi 17. Die Rechts- und Linksschläge schienen hier gleichmäßiger verteilt zu sein als am rechten Auge.

Die maximale Schlagratensumme der Rechtsnystagmen am linken Auge ergab hier von pi 2 bis pi 10 54.13 und von pi 12 bis pi 20 52.06 Schläge, insgesamt also 106.19. Die Summe der ungeradzahligen pi-Werte dieser Rechtsnystagmen ergab von pi 1 bis pi 9 13.54 und von pi 11 bis pi 19 12.6 Schläge, insgesamt also 26.14. Die Summe aller Rechtsnystagmen am linken Auge war damit 132.33 (s. Abb. 22).

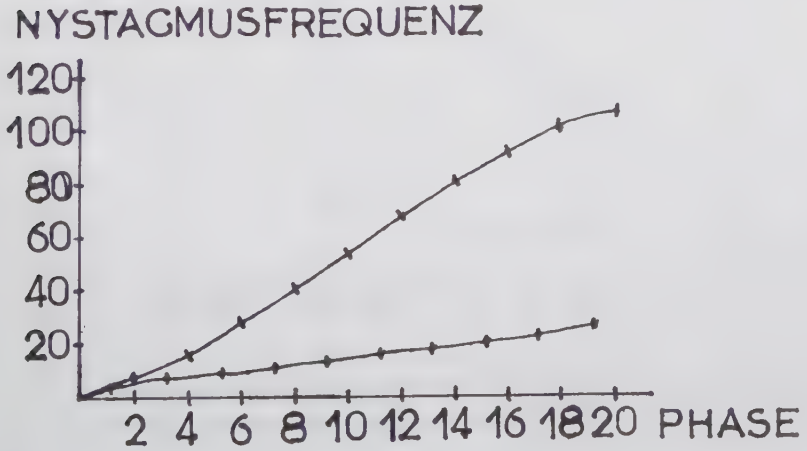


Abb. 22: Summe der maximalen und minimalen Frequenzwerte der Rechtsnystagmen des linken Auges von pi 1 bis pi 20

Die maximale Schlagratensumme der Linksnystagmen des linken Auges betrug von pi 1 bis pi 9 52.39, von pi 11 bis pi 19 58.53, insgesamt also 110.92. Bei der minimalen Schlagratensumme ergab sich hier von pi 2 bis pi 10 ein Wert von 10.46, von pi 12 bis 20 ein Wert von 12.77, insgesamt also ein Wert von 23.23. Die Schlagratensumme der Linksnystagmen am linken Auge betrug also 134.15 und lag damit um 1.82 höher als die entsprechende Summe der Rechtsnystagmen. So fanden wir bei jeder Halbschwingung durchschnittlich 0.09 Nystagmusschläge links mehr als rechts (s. Abb. 23).

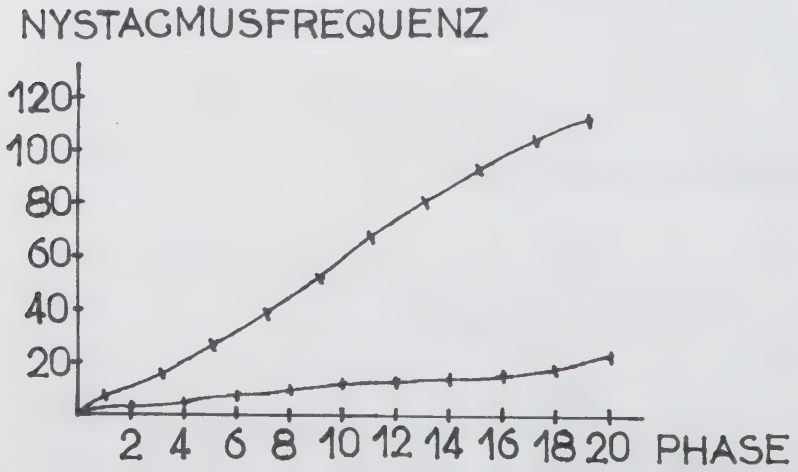


Abb. 23: Summe der maximalen und minimalen Frequenzwerte der Linksnystagmen des linken Auges von pi 1 bis pi 20

Eine Zusammenstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Nystagmusamplituden in Mikrovolt liefert Tabelle 2. Bis auf eine Ausnahme (pi 20 des linken Auges) wechselten die maximalen und minimalen Amplitudenwerte am rechten und am linken Auge entsprechend der Drehpendelrichtung.

Die höchsten Amplitudenwerte am rechten Auge fanden wir bei den Rechtsschlägen mit 60.72 Mikrovolt und einer Standardab-

weichung von 45.34 bei pi 10 und bei den Linksschlägen mit 56.07 Mikrovolt und einer Standardabweichung von 42.41 bei pi 9. Maximale Amplitudenwerte über 50 Mikrovolt fanden sich von pi 6 bis pi 16.

Tab. 2: Mittelwerte (Mi) und Standardabweichungen (St) der elektrischen Augenbewegungsamplituden in Mikrovolt

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Rechtsnyst.		Linksnyst.		Rechtsnyst.		Linksnyst.	
	Mi	St	Mi	St	Mi	St	Mi	St
pi 1	33.45	26.04	34.39	21.35	31.04	16.42	37.54	22.48
pi 2	39.81	27.60	32.42	22.35	37.60	25.26	32.04	16.02
pi 3	31.51	22.96	39.73	32.52	31.06	24.22	43.37	30.34
pi 4	47.78	32.45	30.82	17.89	42.24	29.36	27.96	14.76
pi 5	29.74	12.73	46.33	36.77	28.16	11.91	51.30	40.66
pi 6	53.51	40.80	30.23	17.90	45.53	33.45	28.56	15.85
pi 7	27.19	15.38	50.75	37.02	27.14	12.42	55.90	40.91
pi 8	57.04	43.67	29.74	20.80	50.58	37.23	29.56	17.68
pi 9	29.27	17.46	56.07	42.41	29.38	14.82	58.90	43.14
pi 10	60.72	45.34	29.87	20.00	53.62	40.81	27.47	12.21
pi 11	28.27	12.40	54.06	44.77	30.22	14.04	57.74	44.94
pi 12	59.11	45.38	29.08	17.57	51.66	40.42	29.86	18.32
pi 13	27.56	17.77	52.74	40.83	30.99	22.58	58.58	47.38
pi 14	55.63	44.49	30.38	15.21	51.25	42.09	30.88	18.45
pi 15	28.48	16.70	51.57	39.60	30.47	23.28	54.41	40.73
pi 16	50.88	38.00	30.18	17.33	44.94	34.31	34.72	23.68
pi 17	30.23	16.13	43.61	34.37	30.70	20.70	46.13	38.30
pi 18	43.63	29.22	33.23	22.22	38.60	26.26	31.91	19.30
pi 19	34.77	24.56	36.15	21.84	30.82	15.46	37.63	22.52
pi 20	33.66	19.69	33.24	19.99	33.59	26.03	34.84	19.89

Die maximalen Amplitudenwerte sind unterstrichen.

Die Summe der geradzahligen pi-Werte der Amplituden der Rechtsnystagmen des rechten Auges ergab hier von pi 2 bis pi 10 258.86 Mikrovolt und von pi 12 bis pi 20 242.91 Mikrovolt, insgesamt also 501.77 Mikrovolt. Die Summe der ungeradzahligen pi-Werte ergab von pi 1 bis pi 9 151.16 und von pi 11 bis pi 19 149.31, insgesamt also 300.47 Mikrovolt. Die Summe aller Amplituden der Rechtsnystagmen am rechten Auge betrug 802.24 Mikrovolt (s. Abb. 24).

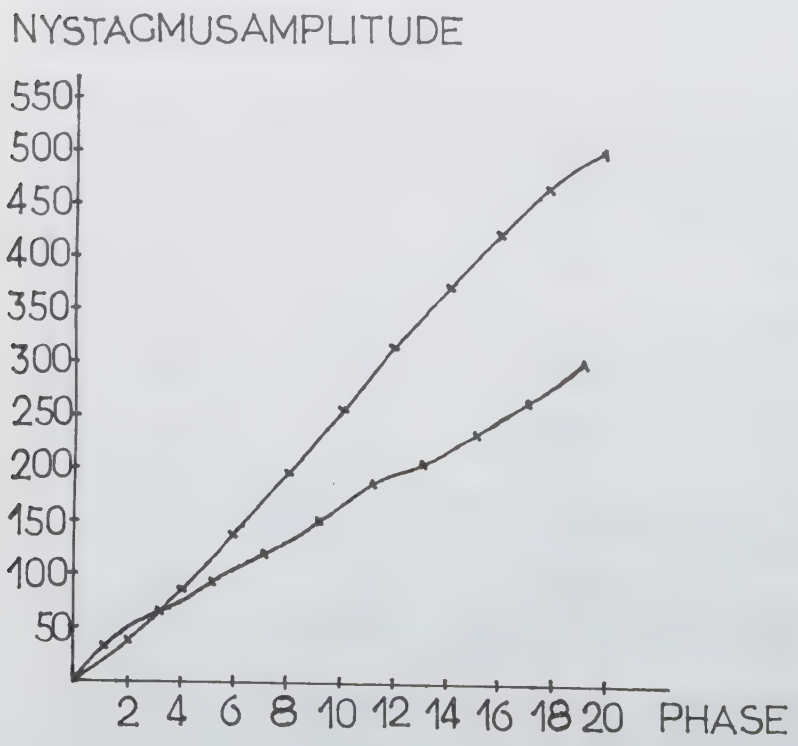


Abb. 24: Summe der maximalen und minimalen Amplitudenwerte der Rechtsnystagmen des rechten Auges von pi 1 bis pi 20

Bei den Linksnystagmen des rechten Auges ergab die Summe der maximalen Amplitudenwerte von pi 1 bis pi 9 227.27, von pi 11 bis pi 19 238.13 und insgesamt 465.4 Mikrovolt. Die Summe der minimalen Amplitudenwerte dieser Linksnystagmen war von pi 2 bis pi 10 153.08, von pi 12 bis pi 20 156.11 und insgesamt 309.19 Mikrovolt. Die Amplitudenwerte der Linksnystagmen des rechten Auges betrugen also durchschnittlich zusammen 774.59 Mikrovolt (s. Abb. 25). Dies waren genau 57.88 oder 2.89 pro Halbdrehung weniger als bei den Rechtsnystagmen.

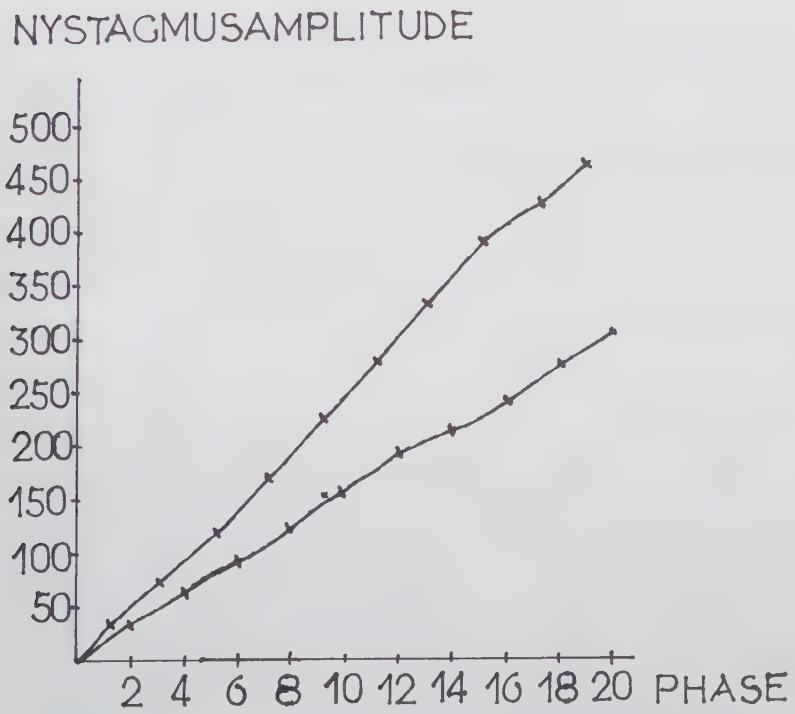


Abb. 25: Summe der maximalen und minimalen Amplitudenwerte der Linksnystagmen des rechten Auges von pi 1 bis pi 20

Am linken Auge betrug der höchste Amplitudenwert rechtsschlägig 53.62 Mikrovolt bei einer Standardabweichung von 40.81 bei pi 10, linksschlägig 58.90 Mikrovolt bei einer Standardabweichung von 43.14 bei pi 9. Maximalwerte über 50 Mikrovolt fanden wir bei pi 5 und von pi 7 bis pi 15.

Die Amplitudensumme der geradzahligen pi-Werte der Rechtsnystagmen des linken Auges ergab hier von pi 2 bis pi 10 229.57 und von pi 12 bis pi 20 220.04 Mikrovolt, insgesamt also 449.61 Mikrovolt. Die Summe der ungeradzahligen pi-Werte dieser Rechtsnystagmen ergab von pi 1 bis pi 9 146.78 und von pi 11 bis pi 19 153.20, insgesamt also 299.98 Mikrovolt. Die Gesamtsumme aller Rechtsnystagmen betrug 749.59 Mikrovolt (s. Abb. 26).

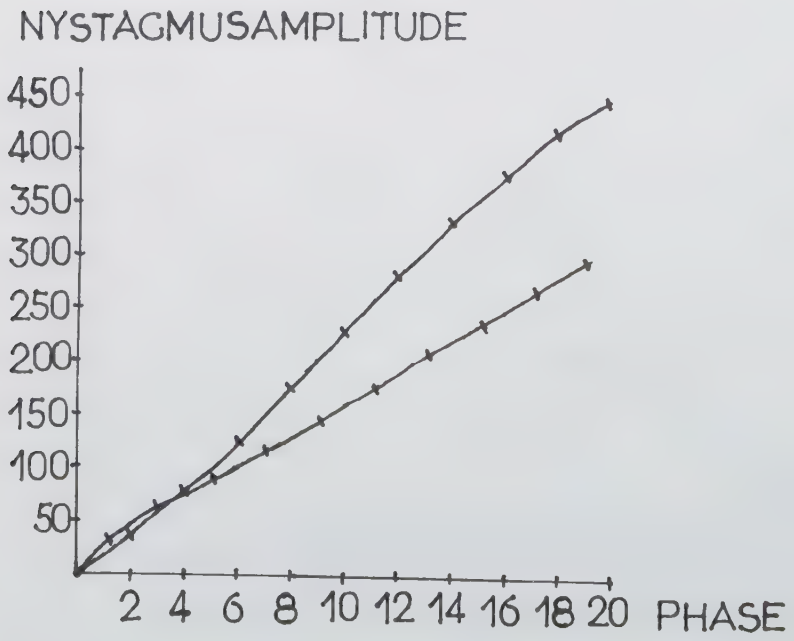


Abb. 26: Summe der maximalen und minimalen Amplitudenwerte der Rechtsnystagmen des linken Auges von pi 1 bis pi 20

Die maximale Amplitudensumme der Linksnystagmen des linken Auges war von pi 1 bis pi 9 247.01 Mikrovolt, von pi 11 bis pi 19 254.49, insgesamt also 501.5 Mikrovolt. Bei der minimalen Amplitudensumme fanden wir hier von pi 2 bis pi 10 einen Wert von 145.59, von pi 12 bis pi 20 einen Wert von 162.21, insgesamt also einen Wert von 307.8 Mikrovolt.
Die Amplitudensumme der Linksnystagmen am linken Auge betrug damit 809.3 Mikrovolt (s. Abb. 27). Dieser Wert lag um 59.71 über dem entsprechenden Wert der Rechtsnystagmen, d.h. bei jeder Halbschwingung des Drehpendels lagen die Amplituden der Linksnystagmen am linken Auge durchschnittlich um 2.99 über den Amplituden der Rechtsnystagmen.

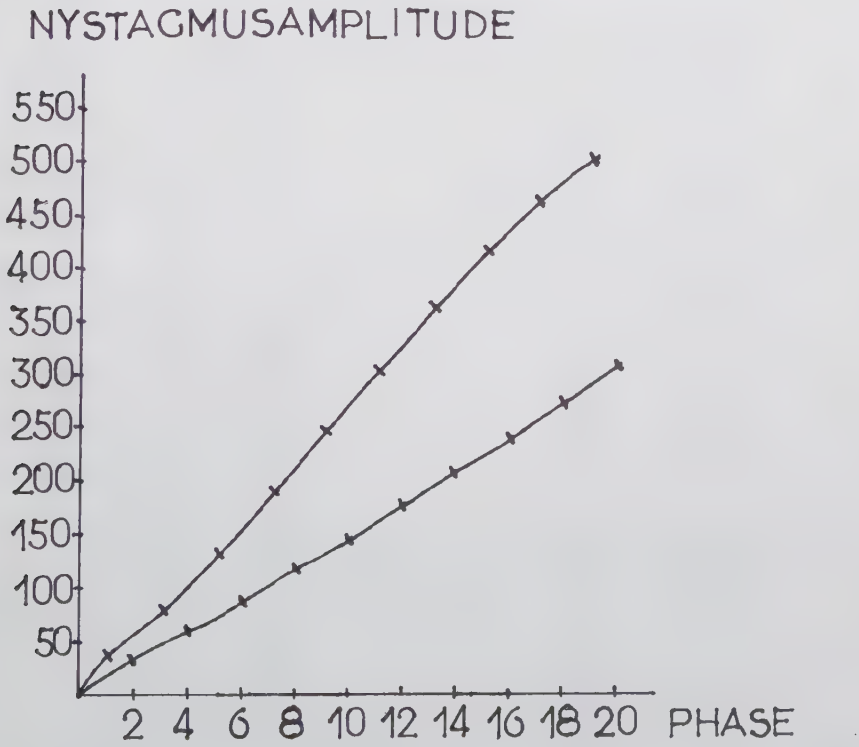


Abb. 27: Summe der maximalen und minimalen Amplitudenwerte der Linksnystagmen des linken Auges von pi 1 bis pi 20

Tabelle 3 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen der vertikalen Nystagmen des linken Auges wieder. Hier fand man bei den Aufwärtsnystagmen Schlagzahlen über 10 bei pi 1, pi 9, pi 11 und pi 13; bei den Abwärtsnystagmen Schlagzahlen über 8 bei pi 8, pi 10, pi 12 und pi 14. Wir sahen, daß in der Regel der Aufwärtsnystagmus überwog; nur bei den mittleren pi-Werten von pi 6 bis pi 14 war ein regelmäßiger Wechsel der Dominanz der Auf- bzw. Abwärtsschläge entsprechend der Drehpendelrichtung zu erkennen.

Tab. 3: Mittelwerte (Mi) und Standardabweichungen (St) der vertikalen Nystagmen

Linkes Auge

	Nystagmus nach oben		Nystagmus nach unten	
	Mi	St	Mi	St
pi 1	<u>10.38</u>	6.96	5.03	5.12
pi 2	<u>8.33</u>	5.98	6.03	5.16
pi 3	<u>9.72</u>	6.28	4.96	4.60
pi 4	<u>7.82</u>	5.39	6.83	5.46
pi 5	<u>8.98</u>	6.33	5.39	5.26
pi 6	7.89	5.64	<u>7.89</u>	5.79
pi 7	<u>9.57</u>	6.51	4.79	4.57
pi 8	7.04	5.59	<u>8.50</u>	6.16
pi 9	<u>10.60</u>	7.08	4.77	4.28
pi 10	7.69	6.16	<u>8.48</u>	6.28
pi 11	<u>10.56</u>	7.33	5.02	4.78
pi 12	8.03	6.31	<u>8.36</u>	6.57
pi 13	<u>10.10</u>	6.57	4.95	4.83
pi 14	7.67	5.98	<u>8.04</u>	6.43
pi 15	9.39	6.39	4.63	4.30
pi 16	<u>7.49</u>	5.99	7.02	5.34
pi 17	<u>8.41</u>	6.08	4.45	3.82
pi 18	<u>7.42</u>	5.35	6.19	4.59
pi 19	<u>8.18</u>	6.00	4.68	3.76
pi 20	<u>7.67</u>	5,41	4.92	4.03

Die maximalen Frequenzwerte sind unterstrichen.

Das Überwiegen der Aufwärtsnystagmen wurde bestätigt, wenn man die einzelnen Nystagmusschläge von pi 1 bis pi 20 addierte. Von pi 1 bis pi 10 fanden wir eine Schlagsumme von 88.02, von pi 11 bis pi 20 eine Summe von 84.92, insgesamt also eine Gesamtsumme von 172.94. Bei den Abwärtsnystagmen stellten wir von pi 1 bis pi 10 62.67 Schläge, von pi 11 bis pi 20 58.26 Schläge, insgesamt also 120.93 Schläge fest. Dies waren durchschnittlich 52.01 Nystagmen oder 2.60 Nystagmen bei jeder Drehpendelschwingung weniger als bei den Aufwärtsnystagmen (s. Abb. 28).

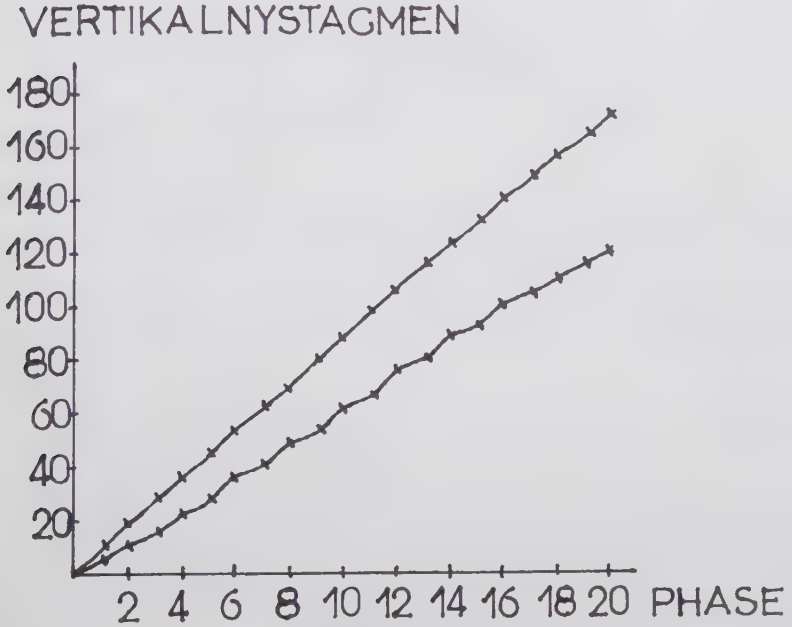


Abb. 28: Summe der aufwärts- und der abwärtsgerichteten Vertikalnystagmen des linken Auges von pi 1 bis pi 20

Bei der Beurteilung der Koordination unterscheiden wir nach CLAUSSEN vier Typen des Horizontalnystagmus:

I. den gleichgerichteten binokulären Horizontalnystagmus
II. den konvergent dissoziierten Horizontalnystagmus
III. den divergent dissoziierten Horizontalnystagmus
IV. die monokuläre Lähmung des Horizontalnystagmus

Bei der Drehpendeluntersuchung fanden wir, daß
Typ I in pi 1 bei 73,3 %, in pi 2 und pi 3 bei 82,7 %, in pi 4 und pi 5 bei 93,3 %, in pi 6, pi 7, pi 8, pi 9 bei 97,3 % der Patienten vorhanden war.
Bei genau 100 %, d.h. bei allen Untersuchten, fanden wir diesen Typ in pi 10, der maximal beschleunigten Pendelschwingung. 96,7 % der Patienten hatten Typ I in pi 11 und pi 13, 98,0 % in pi 12, 96,0 % in pi 14 und pi 16, 95,3 % in pi 15, 94,7 % in pi 17, 88,7 % in pi 18, 87,3 % in pi 19 und 80,0 % in pi 20.
Typ II sahen wir in pi 1 bei 11,3 %, in pi 2 bei 7,3 %, in pi 3 bei 6,0 % und in pi 4 bei 2,7 % der 150 untersuchten Patienten. Bei 1,3 % der Fälle fanden wir ihn in pi 6, pi 7 und pi 16, bei 0,7 % in pi 5, pi 8, pi 9, pi 11, pi 13, pi 15 und pi 17, bei 0,0 % in pi 10 und pi 12. 2,0 % der Patienten hatten Typ II in pi 14, 5.3 % in pi 18, 4,0 % in pi 19 und 6,7 % in pi 10.
Typ III fanden wir in pi 1 bei 15,3 %, in pi 2 bei 10,0 %, in pi 3 bei 11,3 %, in pi 4 und pi 15 bei 4,0 %, in pi 5 und pi 18 bei 6,0 %, in pi 6 und pi 7 bei 1,3 %, in pi 8, pi 9, pi 12 und pi 14 bei 2,0 %, in pi 10 bei 0,0 %, in pi 11, pi 13 und pi 16 bei 2,7 %, in pi 17 bei 4,7 %, in pi 19 bei 8,7 % und in pi 20 bei 13.3 % der untersuchten Patienten.
Typ IV fanden wir bei keinem der 150 Patienten.
Wir bemerkten eine Zunahme der Richtungsstabilität der Augenbewegungen durch Andauern des Reizes.

Außerdem ermittelten wir die kleinsten und die größten Werte der Nystagmusfrequenzen und -amplituden. Hier waren die kleinsten Frequenzwerte bei allen 20 Schwingungen stets 0 Schläge, die kleinsten Amplitudenwerte definitionsgemäß 20 Mikrovolt. Die höchsten Frequenzwerte waren in den pi-Bereichen 7 - 17 mit einem Maximum von 43 bei pi 9 am rechten Auge und von 49 bei pi 11 am linken Auge zu finden. Die Maxima lagen also exakt um pi 10, der Drehung mit der höchsten Beschleunigung. Die höchste Nystagmusamplitude des rechten Auges war 320 Mikrovolt bei pi 3 und pi 5, am linken Auge war sie 340 Mikrovolt bei pi 13 und pi 14. Die höchsten Werte der Vertikalnystagmen (41 Schläge nach oben bei pi 1 und 37 Schläge nach unten bei pi 4) waren zu Beginn der Untersuchung zu sehen, vielleicht ein wenig beeinflußt durch äußere Ablenkung (s. Tab. 4).

Tab. 4: Größte Werte der Nystagmusfrequenzen und -amplituden (Extremwert - Tabelle)

	rechtes Auge				linkes Auge					
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude		Vertikal	
	re	li	re	li	re	li	re	li	auf	ab
pi 1	25	21	240	180	28	22	120	140	41	29
pi 2	26	13	240	200	18	17	220	90	38	31
pi 3	25	19	200	320	17	22	180	200	34	28
pi 4	27	10	190	100	26	15	260	80	27	37
pi 5	16	26	96	320	15	33	70	260	34	33
pi 6	30	9	200	120	30	11	250	120	31	25
pi 7	14	26	110	240	17	33	80	220	36	24
pi 8	33	13	220	120	32	9	240	120	25	26
pi 9	16	43	160	220	29	46	100	290	36	25
pi10	36	7	240	150	41	15	260	80	30	27
pi11	17	35	80	240	24	49	80	220	32	22
pi12	35	12	220	120	33	11	200	120	36	28
pi13	15	32	170	220	17	31	170	340	32	23
pi14	36	12	300	80	38	12	340	120	28	26
pi15	25	32	130	210	30	33	180	250	27	26
pi16	32	9	230	110	29	15	230	150	28	28
pi17	14	37	100	240	12	36	160	290	27	18
pi18	29	13	240	130	31	16	220	170	27	22
pi19	22	30	180	170	19	27	100	160	28	16
pi20	24	20	160	140	22	14	260	120	31	20

4. Die Korrelationsstatistik

In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse des kalorischen Tests, des Spontannystagmus, des Blickfolgependels, des horizontalen Pendels und des Drehpendelversuchs einander gegenübergestellt. Die diesen Paarkorrelationen zugrundeliegenden Messwerte wurden durch die Untersuchung von 150 neurootologischen Patienten gewonnen.

Tabelle 5 zeigt die Korrelationsstatistik des kalorischen Tests. Hier wurden die zentrale Frequenz und die Kumulation bei der 44-Grad und der 30-Grad-Spülung beider Ohren miteinander verglichen. In Tabelle 6 finden wir die Werte des Spontannystagmus bei geschlossenen Augen und des Blickfolgependels,und Tabelle 7 gibt die Werte der horizontalen Pendeluntersuchung an. Die Tabellen 8 bis 27 zeigen die Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs in jeder seiner 20 Halbschwingungen. Hier wurden die Frequenzen des Rechts- und des Linksnystagmus und die Amplituden des Rechts- und des Linksnystagmus an beiden Augen miteinander verglichen. Diese Werte wurden dann mit dem Spontannystagmus, dem Blickfolgependel, dem kalorischen Test und dem horizontalen Pendel korreliert.

Folgende Abkürzungen werden hier verwendet:

r = rechts
l = links
44 = 44-Grad-Celsius
30 = 30-Grad-Celsius
zF = zentrale Frequenz
K = Kumulation
Sn = Spontannystagmus
Bfp = Blickfolgependel
rA = rechtes Auge
lA = linkes Auge
N = Nystagmusschläge des horizontalen Pendels
F = Frequenz
A = Amplitude

Tab. 5: Korrelationsstatistik des kalorischen Tests (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechts-44-Grad-Celsius		Rechts-30-Grad-Celsius	
	zentr.Frequ.	Kumulation	Zentr.Frequ.	Kumulation
r44 zF	1.000	0.109	0.607	0.005
r44 K	0.109	1.000	0.167	0.286
r30 zF	0.607	0.167	1.000	-0.006
r30 K	0.005	0.286	-0.006	1.000
l44 zF	0.396	0.157	0.491	0.014
l44 K	-0.019	0.091	0.091	0.092
l30 zF	0.523	0.192	0.516	0.077
l30 K	0.005	0.154	-0.006	0.212

	Links-44-Grad-Celsius		Links-30-Grad-Celsius	
	zentr.Frequ.	Kumulation	zentr.Frequ.	Kumulation
r44 zF	0.396	-0.019	0.523	0.005
r44 K	0.157	0.091	0.192	0.154
r30 zF	0.491	0.091	0.516	-0.006
r30 K	0.014	0.092	0.077	0.212
l44 zF	1.000	0.081	0.594	0.061
l44 K	0.081	1.000	0.115	0.241
l30 zF	0.594	0.115	1.000	0.030
l30 K	0.061	0.241	0.030	1.000

Tab. 6: Korrelationsstatistik des Spontannystagmus und des Blickfolgependels beim kalorischen Test (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Spontannystagmus bei geschlossenen Augen		Blickfolgependel kalorisch liegend	
	links	rechts	links	rechts
l Sn	1.000	0.391	0.222	0.139
r Sn	0.391	1.000	0.154	0.182
l Bfp	0.222	0.154	1.000	0.738
r Bfp	0.139	0.182	0.738	1.000
r44 zF	0.210	-0.056	-0.082	-0.146
r44 K	-0.161	-0.016	-0.110	-0.027
r30 zF	-0.019	0.130	-0.153	-0.194
r30 K	-0.061	-0.093	0.002	-0.037
l44 zF	-0.076	0.215	-0.206	-0.185
l44 K	-0.104	-0.043	-0.169	-0.150
l30 zF	-0.084	0.022	-0.205	-0.176
l30 K	-0.152	-0.170	-0.209	-0.222

Tab. 7: Korrelationsstatistik der horizontalen Pendeluntersuchung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Nystagmusschläge			
	Rechtes Auge		Linkes Auge	
	rechts	links	rechts	links
r rA N	1.000	0.604	0.775	0.644
l rA N	0.604	1.000	0.816	0.729
r lA N	0.775	0.816	1.000	0.612
l lA N	0.644	0.729	0.612	1.000
l Sn	0.226	0.156	0.178	0.213
r Sn	0.099	0.064	0.111	0.151
l Bfp	0.461	0.202	0.307	0.398
r Bfp	0.508	0.326	0.434	0.415
r44 zF	-0.206	-0.163	-0.158	-0.065
r44 K	-0.153	-0.034	-0.119	0.003
r30 zF	-0.196	-0.084	-0.072	-0.115
r30 K	-0.014	-0.038	-0.071	0.050
l44 zF	-0.203	-0.071	-0.129	-0.049
l44 K	-0.095	0.038	-0.001	-0.052
l30 zF	-0.193	-0.097	-0.129	-0.044
l30 K	-0.163	-0.118	-0.113	-0.097

Tab. 8: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 1. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.136	0.000	-0.233	0.528	0.146	-0.070	-0.187
l rA F	-0.136	1.000	-0.059	0.217	0.162	0.292	0.129	0.007
r rA A	0.000	-0.059	1.000	0.744	-0.042	0.143	0.458	0.657
l rA A	-0.233	0.217	0.744	1.000	-0.061	0.123	0.510	0.670
r lA F	0.525	0.162	-0.042	-0.061	1.000	-0.245	0.095	-0.241
l lA F	0.146	0.292	0.143	0.123	-0.245	1.000	0.030	0.395
r lA A	-0.070	0.129	0.458	0.510	0.095	0.030	1.000	0.408
l lA A	-0.187	0.007	0.657	0.670	-0.241	0.395	0.408	1.000
l Sn	0.201	-0.144	0.153	0.080	0.002	0.121	0.063	0.070
r Sn	0.002	0.021	0.034	0.050	-0.052	0.346	0.206	0.168
l Bfp	-0.001	-0.112	0.030	-0.008	-0.053	-0.140	0.009	0.021
r Bfp	-0.009	-0.060	0.124	0.083	-0.142	-0.062	0.075	0.054
r44 zF	0.148	0.029	-0.173	-0.172	0.146	0.026	-0.065	-0.161
r44 K	-0.072	0.166	-0.115	-0.003	-0.033	0.108	0.073	-0.075
r30 zF	0.035	0.123	-0.172	-0.033	0.064	0.223	-0.013	-0.023
r30 K	0.046	0.017	-0.115	-0.126	0.024	-0.032	-0.116	-0.096
l44 zF	0.103	0.156	0.039	0.025	0.162	0.197	0.147	0.053
l44 K	-0.058	-0.000	0.000	0.079	0.039	0.007	-0.060	-0.075
l30 zF	0.225	0.073	-0.063	-0.135	0.203	0.118	-0.047	-0.110
l30 K	0.067	-0.018	0.133	0.014	-0.032	0.051	-0.086	0.034
r rA N	0.113	-0.022	0.043	0.022	0.051	0.023	-0.066	0.045
l rA N	-0.001	0.113	0.105	0.108	0.115	-0.065	0.037	0.063
r lA N	0.016	0.105	-0.037	0.019	0.090	-0.072	-0.009	0.013
l lA N	0.069	0.010	0.013	-0.060	0.085	-0.042	0.061	-0.000

Tab. 9: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 2. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.150	0.134	-0.098	0.443	0.176	0.023	-0.060
l rA F	-0.150	1.000	-0.044	0.067	0.092	0.258	-0.077	-0.042
r rA A	0.134	-0.044	1.000	0.517	0.131	-0.030	0.729	0.519
l rA A	-0.098	0.067	0.517	1.000	0.057	-0.091	0.493	0.390
r lA F	0.443	0.092	0.131	0.057	1.000	-0.233	0.266	-0.128
l lA F	0.176	0.258	-0.030	-0.091	-0.233	1.000	-0.132	0.096
r lA A	0.023	-0.077	0.729	0.498	0.266	-0.132	1.000	0.383
l lA A	-0.060	-0.042	0.519	0.390	-0.128	0.096	0.383	1.000
l Sn	0.223	-0.216	0.173	-0.111	0.161	-0.009	0.155	0.027
r Sn	0.084	-0.014	0.119	0.015	0.062	0.169	0.121	0.191
l Bfp	-0.038	-0.200	0.043	-0.017	-0.081	0.016	0.103	-0.106
r Bfp	-0.024	-0.162	0.069	0.117	-0.157	0.089	0.033	-0.020
r 44 zF	0.199	0.032	-0.123	-0.120	0.170	0.003	-0.113	-0.118
r44 K	0.054	0.017	-0.091	0.098	-0.026	0.006	-0.033	-0.158
r30 zF	0.103	0.101	-0.002	-0.014	0.060	-0.013	-0.053	-0.013
r30 K	-0.019	0.063	-0.082	-0.138	-0.187	-0.015	-0.157	0.033
144 zF	0.070	0.273	0.052	0.104	0.136	0.041	0.092	0.072
144 K	0.004	-0.015	0.030	0.040	0.075	0.011	-0.069	-0.004
130 zF	0.276	0.082	0.010	0.013	0.135	0.041	-0.058	0.013
130 K	-0.073	0.094	-0.023	-0.040	-0.068	-0.045	-0.077	-0.052
r rA N	0.027	-0.089	0.041	-0.066	-0.120	0.122	0.029	-0.037
l rA N	0.123	-0.018	0.111	-0.012	0.053	0.028	0.082	-0.107
r lA N	0.001	-0.010	0.013	-0.066	-0.047	0.073	-0.025	-0.113
l lA N	0.139	-0.131	0.037	-0.041	0.015	0.081	0.081	-0.074

Tab. 10: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 3. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.200	-0.083	-0.232	0.288	0.099	-0.202	-0.108
l rA F	-0.200	1.000	0.039	0.348	0.115	0.497	0.137	0.257
r rA A	-0.083	0.039	1.000	0.337	-0.099	0.072	0.962	0.312
l rA A	-0.232	0.348	0.337	1.000	-0.103	0.251	0.588	0.792
r lA F	0.288	0.115	-0.099	-0.103	1.000	-0.122	-0.041	-0.222
l lA F	0.099	0.497	0.072	0.251	-0.122	1.000	0.053	0.423
r lA A	-0.202	0.137	0.962	0.588	-0.041	0.053	1.000	0.393
l lA A	-0.108	0.257	0.312	0.792	-0.222	0.423	0.393	1.000
l SN	0.226	-0.079	0.073	0.158	0.029	0.144	0.146	0.164
r Sn	-0.002	0.130	0.113	0.121	0.017	0.325	0.138	0.249
l Bfp	0.048	-0.064	0.014	0.073	0.112	-0.153	0.020	0.035
r Bfp	0.008	0.010	0.059	0.136	-0.019	-0.027	0.089	0.053
r 44 zF	0.033	0.017	-0.165	-0.133	0.019	0.110	-0.145	-0.094
r44 K	0.020	0.010	-0.156	-0.043	-0.067	0.043	-0.106	-0.102
r30 zF	-0.043	0.180	-0.204	-0.013	-0.038	0.222	-0.105	0.086
r30 K	0.079	0.092	0.017	-0.069	-0.053	0.058	-0.101	-0.049
l44 zF	-0.043	0.231	-0.010	0.066	-0.013	0.267	0.029	0.146
l44 K	-0.045	0.041	0.043	0.069	-0.113	0.002	0.032	-0.034
l30 zF	0.082	0.165	-0.129	-0.080	-0.059	0.203	-0.121	0.002
l30 K	0.035	0.009	-0.007	0.015	0.003	0.009	-0.055	0.017
r rA N	0.137	-0.017	0.029	0.073	-0.017	0.072	0.084	0.052
l rA N	0.079	0.126	-0.000	0.189	0.072	0.063	0.099	0.098
r lA N	0.084	0.080	-0.040	0.039	-0.012	0.061	0.030	0.005
l lA N	0.103	0.106	0.011	0.088	0.050	0.065	-0.013	0.095

Tab. 11: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 4. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.127	0.156	0.070	0.596	0.139	0.092	0.095
l rA F	-0.127	1.000	-0.207	-0.032	-0.016	0.401	-0.160	-0.103
r rA A	0.156	-0.207	1.000	0.409	0.195	-0.156	0.812	0.571
l rA A	0.070	-0.032	0.409	1.000	0.081	-0.115	0.350	0.671
r lA F	0.596	-0.016	0.195	0.081	1.000	-0.130	0.301	0.115
l lA F	0.139	0.401	-0.156	-0.115	-0.130	1.000	-0.232	-0.017
r lA A	0.092	-0.160	0.312	0.350	0.301	-0.232	1.000	0.455
llA A	0.095	-0.103	0.571	0.671	0.115	-0.017	0.455	1.000
l Sn	0.340	-0.131	0.155	-0.033	0.314	0.071	0.114	0.073
r Sn	0.129	-0.026	0.161	0.142	0.248	0.082	0.153	0.309
l Bfp	-0.116	-0.089	0.007	0.004	-0.020	-0.018	0.023	-0.032
r Bfp	-0.068	-0.013	0.003	0.036	-0.067	0.015	-0.015	0.023
r44 zF	0.262	0.046	-0.145	-0.115	0.234	0.155	-0.128	-0.099
r44 K	-0.061	-0.017	-0.115	-0.121	-0.123	-0.012	-0.084	-0.150
r30 zF	0.137	0.077	-0.059	0.028	0.092	0.096	-0.062	0.057
r30 K	0.054	0.054	-0.047	0.032	-0.021	0.006	-0.073	0.013
l44 zF	0.048	0.192	0.000	0.066	0.084	0.139	0.038	0.090
l44 K	-0.049	0.022	0.051	0.337	-0.150	-0.032	-0.027	0.197
l30 zF	0.253	0.033	-0.031	-0.020	0.133	0.104	-0.037	0.042
l30 K	-0.080	0.000	-0.076	0.072	-0.123	-0.059	-0.076	0.033
r rA N	-0.044	0.138	0.010	0.023	0.012	0.093	0.024	-0.007
l rA N	-0.051	0.198	0.005	-0.003	0.011	0.064	0.100	-0.072
r lA N	-0.056	0.179	-0.011	0.064	0.006	0.064	0.013	0.021
l lA N	-0.003	0.101	0.072	0.030	0.121	0.013	0.133	-0.005

Tab. 12: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 5. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.230	0.113	-0.293	0.451	-0.109	0.046	-0.205
l rA F	-0.280	1.000	0.122	0.354	-0.182	0.784	0.104	0.338
r rA A	0.113	0.122	1.000	0.310	-0.104	0.211	0.315	0.467
l rA A	-0.293	0.354	0.310	1.000	-0.190	0.257	0.383	0.895
r lA F	0.451	-0.182	-0.104	-0.190	1.000	-0.230	0.147	-0.267
l lA F	-0.109	0.784	0.211	0.257	-0.230	1.000	0.078	0.364
r lA A	0.046	0.104	0.315	0.383	0.147	0.078	1.000	0.300
l lA A	-0.205	0.338	0.467	0.895	-0.267	0.364	0.300	1.000
l Sn	0.072	0.079	0.136	0.161	-0.047	0.135	-0.052	0.149
r Sn	-0.136	0.187	0.012	0.132	0.039	0.217	0.168	0.130
l Bfp	0.077	-0.107	-0.002	0.031	0.011	-0.146	-0.010	-0.023
r Bfp	0.064	-0.114	-0.017	0.069	0.005	-0.143	-0.036	0.013
r44 zF	-0.109	0.084	0.049	-0.171	-0.101	0.116	-0.105	-0.181
r44 K	-0.059	0.068	-0.254	0.002	-0.055	0.030	-0.010	0.005
r30 zF	-0.247	0.281	-0.052	-0.047	-0.161	0.322	0.163	-0.049
r30 K	0.177	-0.026	0.142	-0.091	-0.026	-0.065	-0.071	-0.043
l44 zF	-0.189	0.279	-0.075	0.035	0.029	0.218	0.187	0.004
l44 K	-0.066	0.040	-0.098	0.023	-0.070	0.035	0.059	-0.060
l30 zF	-0.120	0.241	0.027	-0.102	-0.154	0.203	0.015	-0.066
l30 K	0.109	-0.024	0.009	-0.005	0.158	-0.063	-0.053	0.016
r rA N	0.132	0.036	0.011	0.097	0.121	0.004	0.016	0.077
l rA N	-0.044	0.143	-0.048	0.257	0.133	0.041	0.153	0.151
r lA N	0.001	0.108	-0.068	0.110	0.207	-0.004	0.066	0.042
l lA N	-0.038	0.132	-0.001	0.142	0.106	0.027	0.092	0.072

Tab. 13: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 6. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.043	0.218	-0.028	0.713	0.030	0.237	0.161
l rA F	-0.043	1.000	-0.182	0.056	0.036	0.414	-0.121	-0.041
r rA A	0.218	-0.182	1.000	0.590	0.278	-0.323	0.800	0.612
l rA A	-0.028	0.056	0.590	1.000	0.133	-0.247	0.540	0.708
r lA F	0.718	0.036	0.278	0.133	1.000	-0.133	0.359	0.217
l lA F	0.030	0.414	-0.323	-0.247	-0.133	1.000	-0.313	-0.148
r lA A	0.237	-0.121	0.800	0.540	0.359	-0.313	1.000	0.548
l lA A	0.161	-0.041	0.612	0.708	0.217	-0.148	0.548	1.000
l Sn	0.229	-0.019	0.087	0.009	0.200	0.092	0.059	0.103
r Sn	0.118	0.003	0.099	0.284	0.176	0.041	0.188	0.284
l Bfp	-0.014	0.018	-0.054	-0.027	0.009	0.078	0.057	0.111
r Bfp	0.003	-0.037	-0.011	-0.011	-0.060	0.089	0.020	0.156
r 44 zF	0.125	0.010	-0.142	-0.240	0.138	0.037	-0.115	-0.045
r44 K	0.070	-0.053	-0.072	-0.013	0.075	-0.115	0.026	-0.073
r30 zF	0.126	-0.039	-0.087	0.031	0.116	-0.034	-0.020	-0.059
r30 K	0.073	0.081	0.016	0.057	0.002	-0.078	-0.059	-0.003
l44 zF	0.087	0.118	-0.021	0.070	0.128	0.017	0.072	0.090
l44 K	0.036	0.000	0.034	0.222	0.041	-0.003	-0.013	0.003
l30 zF	0.240	0.032	-0.053	-0.075	0.206	-0.007	-0.025	0.040
l30 K	0.067	0.147	-0.014	-0.037	0.084	-0.035	-0.086	0.025
r rA N	-0.047	0.108	0.015	0.020	-0.051	0.191	0.011	0.014
l rA N	-0.027	0.129	0.097	-0.045	0.035	0.063	0.107	0.034
r lA N	-0.068	0.203	0.018	0.044	0.022	0.150	0.040	0.015
l lA N	-0.019	0.037	0.109	-0.024	0.064	0.043	0.218	0.174

Tab. 14: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 7. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.274	-0.065	-0.441	0.480	-0.169	-0.295	-0.395
l rA F	-0.274	1.000	0.041	0.421	-0.245	0.871	0.291	0.424
r rA A	-0.065	0.041	1.000	0.414	-0.083	0.060	0.429	0.443
l rA A	-0.441	0.421	0.414	1.000	-0.315	0.321	0.395	0.906
r lA F	0.480	-0.245	-0.083	-0.315	1.000	-0.324	-0.003	-0.314
l lA F	-0.169	0.871	0.060	0.321	-0.324	1.000	0.192	0.365
r lA A	-0.295	0.291	0.429	0.395	-0.003	0.192	1.000	0.481
l lA A	-0.395	0.424	0.443	0.906	-0.314	0.365	0.481	1.000
l Sn	0.112	0.060	0.085	-0.002	-0.011	0.079	-0.091	0.063
r Sn	-0.047	-0.096	0.167	0.219	-0.015	0.116	0.081	0.225
l Bfp	0.038	-0.118	0.057	-0.027	0.129	-0.115	0.028	-0.032
r Bfp	-0.009	-0.047	0.057	0.047	-0.024	-0.013	0.108	0.040
r44 zF	-0.033	0.093	-0.036	-0.141	-0.034	0.071	0.045	-0.143
r44 K	0.064	0.121	-0.030	-0.015	-0.049	0.118	-0.008	0.012
r30 zF	-0.169	0.180	-0.103	0.003	-0.140	0.164	0.022	-0.043
r30 K	0.128	0.129	0.033	0.032	-0.050	0.120	-0.120	-0.016
l44 zF	-0.072	0.194	0.033	0.042	0.043	0.167	0.207	0.020
l44 K	-0.039	0.069	-0.059	0.075	-0.049	0.006	-0.055	-0.031
l30 zF	-0.059	0.265	-0.039	-0.019	-0.150	0.268	0.003	-0.036
l30 K	0.151	0.077	-0.077	-0.058	0.160	0.029	0.115	-0.036
r rA N	0.192	-0.062	-0.038	-0.015	0.015	0.035	-0.055	-0.057
l rA N	0.019	0.074	0.004	0.093	-0.039	0.061	0.066	0.039
r lA N	0.143	-0.040	-0.048	-0.040	0.075	-0.009	-0.025	-0.106
l lA N	0.051	0.074	0.128	0.151	-0.048	0.111	0.171	0.118

Tab. 15: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 8. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.130	0.387	0.109	0.848	-0.079	0.339	0.157
l rA F	-0.130	1.000	-0.389	-0.125	-0.159	0.588	-0.349	-0.154
r rA A	0.387	-0.389	1.000	0.544	0.406	-0.353	0.874	0.521
l rA A	0.109	-0.125	0.544	1.000	0.180	-0.174	0.652	0.906
r lA F	0.848	-0.159	0.406	0.180	1.000	-0.152	0.399	0.168
l lA F	-0.079	0.588	-0.353	-0.174	-0.152	1.000	-0.360	-0.068
r lA A	0.339	-0.349	0.874	0.652	0.399	-0.360	1.000	0.509
l lA A	0.157	-0.154	0.521	0.906	0.168	-0.068	0.509	1.000
l Sn	0.241	-0.054	0.206	0.036	0.212	-0.032	0.109	0.125
r Sn	0.160	-0.191	0.163	0.152	0.183	-0.081	0.179	0.133
l Bfp	-0.010	-0.100	-0.007	-0.054	-0.060	0.074	0.067	0.017
r Bfp	-0.012	-0.100	0.018	0.033	-0.090	-0.019	-0.047	0.110
r44 zF	0.192	-0.021	-0.039	-0.124	0.181	0.017	-0.055	-0.137
r44 K	0.044	-0.020	-0.046	0.313	0.120	-0.130	0.049	0.171
r30 zF	0.159	-0.179	0.005	0.036	0.165	-0.132	0.010	-0.040
r30 K	0.045	0.153	0.045	0.033	-0.006	-0.019	-0.049	0.017
l44 zF	0.160	0.024	-0.006	0.021	0.152	0.004	0.077	0.033
l44 K	0.001	0.017	0.058	0.045	0.003	-0.038	-0.010	0.005
l30 zF	0.300	-0.042	0.004	-0.063	0.253	-0.155	0.029	-0.103
l30 K	0.003	0.171	-0.075	-0.047	0.011	0.040	-0.105	-0.091
r rA N	0.006	0.053	0.005	0.022	-0.013	0.194	0.014	0.069
l rA N	0.080	-0.004	0.137	0.176	0.086	0.091	0.150	0.190
r lA N	-0.045	0.077	-0.004	0.163	0.012	0.145	0.023	0.117
l lA N	0.094	-0.053	0.130	0.164	0.098	0.120	0.197	0.149

Tab. 16: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 9. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.357	-0.107	-0.474	0.681	-0.284	-0.198	-0.413
l rA F	-0.357	1.000	0.107	0.403	-0.314	0.355	0.187	0.420
r rA A	-0.107	0.107	1.000	0.267	-0.082	0.058	0.743	0.289
l rA A	-0.474	0.403	0.267	1.000	-0.245	0.287	0.247	0.863
r lA F	0.681	-0.314	-0.082	-0.245	1.000	-0.310	-0.083	-0.328
l lA F	-0.284	0.855	0.058	0.287	-0.310	1.000	0.218	0.402
r lA A	-0.198	0.187	0.743	0.247	-0.083	0.218	1.000	0.314
l lA A	-0.413	0.420	0.289	0.363	-0.328	0.402	0.314	1.000
l Sn	0.052	0.001	0.104	0.033	0.030	0.109	0.156	0.059
r Sn	-0.077	0.152	0.194	0.160	-0.027	0.217	0.233	0.163
l Bfp	0.067	-0.119	-0.017	0.045	0.146	-0.109	-0.218	-0.012
r Bfp	-0.022	-0.027	-0.014	0.028	0.004	-0.063	-0.198	-0.027
r44 zF	0.005	0.074	-0.132	-0.127	-0.054	0.173	-0.101	-0.104
r44 K	-0.001	0.112	-0.132	-0.001	-0.111	0.044	-0.224	0.037
r30 zF	-0.115	0.174	-0.159	0.028	-0.128	0.248	-0.030	0.027
r30 K	0.064	0.103	0.018	-0.060	0.016	-0.001	0.032	-0.053
l44 zF	0.003	0.139	-0.036	0.062	0.007	0.191	0.060	0.084
l44 K	-0.070	0.160	0.149	0.083	-0.148	0.068	0.129	-0.005
l30 zF	-0.073	0.293	-0.168	0.018	-0.159	0.359	-0.113	0.042
l30 K	0.115	0.044	-0.061	-0.030	0.131	-0.048	0.045	0.010
r rA N	0.070	0.008	-0.014	0.064	0.073	-0.011	-0.129	0.002
l rA N	0.062	0.108	-0.004	0.192	0.071	0.053	-0.113	0.079
r lA N	0.135	-0.014	-0.053	0.059	0.193	-0.033	-0.111	-0.036
l lA N	0.084	0.101	-0.010	0.199	0.111	0.048	-0.159	0.120

Tab. 17: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 10. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.074	0.349	0.152	0.798	-0.068	0.290	0.243
l rA F	-0.074	1.000	-0.339	-0.058	-0.117	0.546	-0.282	-0.072
r rA A	0.349	-0.339	1.000	0.543	0.359	-0.308	0.898	0.365
l rA A	0.152	-0.058	0.543	1.000	0.135	-0.140	0.582	0.517
r lA F	0.798	-0.117	0.359	0.135	1.000	-0.168	0.347	0.160
l lA F	-0.068	0.546	-0.308	-0.140	-0.168	1.000	-0.323	0.072
r lA A	0.290	-0.282	0.898	0.582	0.347	-0.323	1.000	0.319
l lA A	0.243	-0.072	0.365	0.517	0.160	0.072	0.319	1.000
l Sn	0.180	-0.048	0.065	-0.012	0.205	-0.042	0.028	0.003
r Sn	0.156	-0.019	0.101	0.208	0.188	-0.084	0.147	0.094
l Bfp	-0.046	0.018	-0.015	-0.112	0.012	-0.009	0.005	-0.045
r Bfp	-0.053	-0.030	-0.043	-0.004	-0.033	-0.050	-0.046	0.112
r44 zF	0.169	-0.039	-0.097	-0.019	0.079	0.059	-0.110	0.098
r44 K	0.068	-0.030	-0.039	0.095	0.010	-0.044	0.020	0.020
r30 zF	0.175	-0.096	0.006	0.150	0.060	-0.028	-0.017	-0.010
r30 K	-0.001	0.128	0.011	-0.021	-0.003	-0.038	-0.043	-0.169
l44 zF	0.105	0.086	0.009	0.148	0.019	0.075	0.053	0.156
l44 K	0.030	-0.064	0.108	0.192	-0.014	-0.037	0.101	0.025
l30 zF	0.267	-0.003	0.012	0.041	0.162	-0.018	-0.004	0.096
l30 K	0.087	0.166	-0.003	0.305	0.045	0.045	-0.036	0.090
r rA N	-0.036	0.066	0.001	-0.022	-0.020	0.075	0.014	-0.097
l rA N	0.055	-0.011	0.094	-0.052	0.089	0.072	0.080	-0.118
r lA N	-0.035	0.070	-0.040	0.043	0.046	0.094	-0.007	-0.138
l lA N	0.044	-0.035	0.153	-0.049	0.093	0.036	0.172	-0.047

Tab. 10: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 11. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.251	-0.157	-0.369	0.622	-0.218	-0.193	-0.384
l rA F	-0.251	1.000	0.315	0.333	-0.227	0.913	0.244	0.388
r rA A	-0.157	0.315	1.000	0.266	-0.124	0.253	0.746	0.317
l rA A	-0.369	0.333	0.266	1.000	-0.300	0.284	0.347	0.913
r lA F	0.622	-0.227	-0.124	-0.300	1.000	-0.231	-0.128	-0.332
l lA F	-0.218	0.913	0.253	0.284	-0.231	1.000	0.227	0.347
r lA A	-0.193	0.244	0.746	0.347	-0.128	0.227	1.000	0.388
l lA A	-0.384	0.388	0.317	0.913	-0.332	0.347	0.388	1.000
l Sn	0.044	0.031	0.118	-0.004	0.046	0.092	0.064	-0.025
r Sn	-0.177	0.130	0.025	0.129	0.052	0.180	0.065	0.125
l Bfp	0.075	-0.213	-0.058	0.012	0.085	-0.214	-0.156	-0.045
r Bfp	0.047	-0.149	-0.049	0.019	-0.011	-0.178	-0.120	-0.012
r44 zF	0.009	0.155	0.080	-0.110	-0.017	0.191	-0.019	-0.130
r44 K	0.127	0.025	-0.121	-0.079	0.023	-0.039	-0.086	-0.107
r30 zF	-0.182	0.280	0.039	0.041	-0.073	0.301	0.093	0.030
r30 K	0.205	0.007	0.031	-0.113	0.047	0.006	-0.002	-0.120
l44 zF	-0.134	0.278	0.076	0.142	-0.004	0.295	0.069	0.15
l44 zF	-0.138	0.162	0.227	0.168	-0.148	0.080	0.094	0.127
l30 zF	-0.127	0.351	0.236	0.052	-0.136	0.382	0.062	0.068
l30 K	0.107	0.077	0.028	0.015	0.159	0.053	0.085	0.035
r rA N	0.147	-0.042	-0.059	0.123	0.043	-0.037	-0.059	0.062
l rA N	0.047	0.079	-0.005	0.139	0.032	0.038	0.018	0.063
r lA N	0.146	-0.024	-0.050	0.071	0.162	-0.038	-0.004	0.012
l lA N	0.085	0.053	0.045	0.147	0.028	0.035	-0.046	0.107

Tab. 19: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 12. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	Rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.017	0.324	0.030	0.830	0.058	0.278	0.104
l rA F	-0.017	1.000	-0.367	-0.157	-0.049	0.541	-0.342	-0.242
r rA A	0.324	-0.367	1.000	0.611	0.413	-0.278	0.921	0.381
l rA A	0.030	-0.157	0.611	1.000	0.103	-0.169	0.590	0.414
r lA F	0.830	-0.049	0.413	0.103	1.000	-0.085	0.405	0.081
l lA F	0.058	0.541	-0.278	0.169	-0.085	1.000	-0.312	-0.031
r lA A	0.278	-0.342	0.921	0.590	0.405	-0.312	1.000	0.360
l lA A	0.104	-0.242	0.381	0.414	0.081	-0.031	0.360	1.000
l Sn	0.144	-0.184	0.074	0.208	0.106	-0.065	-0.015	0.056
r Sn	0.056	-0.097	0.129	0.205	0.038	-0.056	0.107	-0.021
l Bfp	-0.056	-0.027	0.017	0.136	-0.077	0.040	0.005	-0.014
r Bfp	-0.047	-0.050	-0.003	0.258	-0.124	0.023	-0.037	0.064
r44 zF	0.135	0.007	-0.055	-0.212	0.138	-0.007	-0.067	-0.109
r44 K	0.040	0.080	-0.026	-0.168	0.041	0.004	0.002	-0.279
r30 zF	0.073	-0.016	0.011	-0.005	0.101	-0.008	0.020	-0.173
r30 K	0.077	0.137	-0.079	-0.198	-0.010	-0.017	-0.085	-0.183
l44 zF	0.093	0.089	0.073	0.037	0.142	-0.012	0.070	-0.017
l44 K	0.081	-0.082	0.065	0.254	0.085	-0.034	0.052	0.104
l30 zF	0.311	0.042	0.019	-0.111	0.263	-0.044	0.024	-0.070
l30 K	0.159	0.082	-0.000	-0.007	0.125	-0.018	-0.011	0.142
r rA N	-0.020	0.030	0.013	0.205	-0.027	0.222	-0.009	-0.069
l rA N	0.077	0.158	0.153	0.345	0.162	0.252	0.100	-0.025
r lA N	-0.003	0.134	-0.011	0.307	0.039	0.261	-0.020	-0.072
l lA N	0.125	0.053	0.198	0.149	0.165	0.199	0.168	0.079

Tab. 20: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 13. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.219	-0.120	-0.391	0.554	-0.133	-0.197	-0.323
l rA F	-0.219	1.000	0.120	0.459	-0.152	0.850	0.233	0.393
r rA A	-0.120	0.120	1.000	0.425	-0.099	0.130	0.886	0.451
l rA A	-0.391	0.459	0.425	1.000	-0.346	0.401	0.487	0.879
r lA F	0.554	-0.152	-0.099	-0.346	1.000	-0.213	-0.056	-0.294
l lA F	-0.133	0.850	0.130	0.401	-0.213	1.000	0.168	0.387
r lA A	-0.197	0.233	0.886	0.487	-0.056	0.168	1.000	0.461
l lA A	-0.323	0.393	0.451	0.879	-0.294	0.387	0.461	1.000
l Sn	0.043	-0.003	0.048	0.044	0.012	-0.031	0.021	0.069
r Sn	-0.095	0.081	0.098	0.115	-0.074	0.146	0.067	0.132
l Bfp	0.157	-0.169	-0.072	-0.012	0.091	-0.222	-0.002	-0.017
r Bfp	0.140	-0.139	-0.019	0.052	-0.113	-0.164	0.025	0.017
r44 zF	-0.022	0.097	-0.109	-0.152	-0.048	0.089	-0.121	-0.138
r44 K	- 0.038	0.089	-0.120	-0.060	0.038	-0.011	-0.098	-0.034
r30 zF	-0.205	0.157	-0.118	-0.063	-0.114	0.198	-0.061	-0.036
r30 K	0.171	0.028	-0.027	-0.129	0.095	0.046	-0.063	-0.111
l44 zF	-0.087	0.250	0.051	0.043	0.033	0.270	0.057	0.019
l44 K	-0.134	0.121	0.041	0.043	-0.043	0.045	0.048	-0.035
l30 zF	-0.105	0.289	-0.061	-0.034	-0.078	0.297	-0.098	-0.083
l30 K	0.059	0.102	-0.078	-0.044	0.162	0.044	-0.158	-0.032
r rA N	0.218	-0.054	-0.049	0.038	-0.018	-0.035	-0.092	0.074
l rA N	-0.013	0.181	-0.112	0.110	-0.082	0.092	-0.100	0.074
r lA N	0.104	0.044	-0.141	-0.024	0.013	-0.013	-0.164	-0.010
l lA N	0.044	0.103	-0.083	0.123	-0.076	0.069	-0.083	0.124

Tab. 21: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 14. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.079	0.406	0.080	0.849	0.014	0.277	0.111
l rA F	-0.079	1.000	-0.268	0.001	-0.030	0.364	-0.217	0.035
r rA A	0.406	-0.268	1.000	0.410	0.446	-0.278	0.851	0.430
l rA A	0.080	0.001	0.410	1.000	0.129	-0.070	0.346	0.822
r lA F	0.849	-0.030	0.446	0.129	1.000	-0.195	0.337	0.075
l lA F	0.014	0.364	-0.278	-0.070	-0.195	1.000	-0.301	0.006
r lA A	0.277	-0.217	0.851	0.346	0.337	-0.301	1.000	0.353
l lA A	0.111	0.035	0.430	0.822	0.075	-0.006	0.353	1.000
l Sn	0.157	-0.072	0.092	0.054	0.149	-0.020	0.022	0.114
r Sn	0.067	0.024	0.074	0.146	0.132	-0.069	0.100	0.302
l Bfp	-0.088	-0.080	0.053	-0.057	-0.090	0.016	0.086	-0.039
r Bfp	-0.069	-0.050	0.032	0.031	-0.096	0.058	0.021	0.049
r44 zF	0.180	-0.098	0.006	-0.100	0.224	-0.026	-0.052	-0.281
r44 K	0.082	0.037	-0.039	-0.049	0.069	-0.015	-0.077	-0.043
r30 zF	0.162	-0.057	0.067	0.111	0.204	-0.100	0.031	0.036
r30 K	0.090	0.029	-0.054	-0.069	-0.005	0.021	-0.116	-0.012
l44 zF	0.124	0.076	0.057	0.007	0.213	-0.033	0.046	0.031
l44 K	0.071	-0.058	0.089	0.239	0.045	0.057	0.031	0.051
l30 zF	0.285	-0.045	0.056	-0.036	0.280	-0.059	-0.020	-0.018
l30 K	0.157	0.049	0.009	-0.141	0.167	-0.091	-0.043	-0.066
r rA N	0.007	0.089	0.085	-0.012	-0.037	0.177	0.074	0.017
l rA N	0.120	0.118	0.186	0.127	0.109	0.107	0.140	-0.065
r lA N	-0.009	0.172	0.032	0.085	-0.014	0.177	0.039	-0.008
l lA N	0.139	0.011	0.160	0.080	0.093	0.064	0.201	-0.035

Tab. 22: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 15. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.238	-0.090	-0.390	0.509	-0.141	-0.117	-0.348
l rA F	-0.238	1.000	-0.029	0.426	-0.144	0.839	0.029	0.455
r rA A	-0.090	-0.029	1.000	0.201	-0.136	-0.018	0.802	0.264
l rA A	-0.390	0.426	0.201	1.000	-0.267	0.315	0.262	0.857
r lA F	0.509	-0.144	-0.136	-0.267	1.000	-0.209	-0.145	-0.277
l lA F	-0.141	0.839	-0.013	0.315	-0.209	1.000	-0.018	0.381
r lA A	-0.117	0.029	0.802	0.262	-0.145	-0.018	1.000	0.370
l lA A	-0.348	0.455	0.264	0.857	-0.277	0.381	0.370	1.000
l Sn	0.037	0.023	0.075	-0.003	0.076	0.071	0.059	0.052
r Sn	-0.092	0.103	0.104	0.020	0.030	0.136	0.075	0.121
l Bfp	0.063	-0.142	-0.005	0.003	0.129	-0.177	-0.062	-0.021
r Bfp	0.102	-0.094	-0.018	0.007	-0.011	-0.072	-0.013	-0.062
r44 zF	-0.082	0.042	-0.156	-0.093	-0.034	0.007	-0.130	-0.115
r44 K	0.021	-0.027	-0.094	-0.052	-0.140	-0.099	-0.072	-0.057
r30 zF	-0.187	0.127	-0.058	-0.023	-0.130	0.144	-0.126	-0.020
r30 K	0.134	0.027	0.003	-0.115	0.075	-0.070	0.093	-0.082
l44 zF	-0.175	0.237	0.029	0.062	-0.010	0.200	-0.012	0.109
l44 K	-0.043	0.095	0.107	0.089	-0.114	0.088	0.096	0.021
l30 zF	- 0.094	0.272	-0.093	0.017	-0.105	0.230	-0.074	0.015
l30 K	0.047	0.056	-0.229	-0.033	0.175	-0.014	-0.152	0.012
r rA N	0.178	0.034	0.089	0.024	-0.018	0.071	0.051	0.048
l rA N	0.024	0.222	0.023	0.135	-0.113	0.151	-0.006	0.128
r lA N	0.099	0.104	-0.009	0.027	0.055	0.083	-0.004	0.048
l lA N	0.084	0.189	0.009	0.095	-0.005	0.111	0.009	0.127

Tab. 23: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 16. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r (x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.099	0.179	0.103	0.733	0.053	0.150	0.161
l rA F	-0.099	1.000	-0.242	-0.085	0.010	0.519	-0.202	-0.091
r rA A	0.179	-0.242	1.000	0.574	0.236	-0.185	0.813	0.589
l rA A	0.103	-0.085	0.574	1.000	0.220	-0.285	0.636	0.767
r lA F	0.733	0.010	0.236	0.220	1.000	-0.103	0.313	0.193
l lA F	0.053	0.519	-0.185	-0.235	-0.103	1.000	-0.240	-0.206
r lA A	0.150	-0.202	0.813	0.636	0.313	-0.240	1.000	0.538
l lA A	0.161	-0.091	0.589	0.767	0.193	-0.206	0.538	1.000
l Sn	0.211	-0.096	0.049	-0.030	0.169	0.061	0.074	0.044
r Sn	0.098	-0.032	0.068	0.172	0.081	0.108	0.141	0.416
l Bfp	-0.068	-0.016	-0.010	-0.088	-0.000	0.069	0.003	-0.032
r Bfp	-0.060	0.050	-0.022	0.026	-0.088	0.075	-0.068	0.007
r44 zF	0.153	-0.079	-0.082	-0.102	0.130	0.031	-0.070	-0.138
r44 K	0.048	0.035	-0.015	-0.000	0.019	-0.129	-0.031	0.039
r30 zF	0.109	-0.101	-0.046	-0.022	0.040	0.032	-0.037	0.170
r30 K	0.009	0.000	-0.044	-0.036	0.003	-0.082	-0.068	0.046
l44 zF	0.147	0.033	0.061	0.116	0.084	0.044	0.063	0.260
l44 K	0.140	-0.031	0.168	0.072	0.019	0.015	0.081	0.113
l30 zF	0.320	-0.116	-0.013	0.091	0.166	-0.030	-0.051	0.131
l30 K	0.087	0.071	0.007	0.006	0.047	-0.084	-0.022	0.096
r rA N	0.021	0.087	0.041	0.010	0.033	0.249	0.074	-0.015
l rA N	0.154	0.058	0.170	-0.071	0.167	0.200	0.128	-0.019
r lA N	0.021	0.084	0.040	-0.058	0.069	0.286	0.030	0.052
l lA N	0.131	-0.046	0.116	-0.024	0.169	0.187	0.197	-0.028

Tab. 24: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 17. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.043	-0.012	-0.258	0.566	0.100	-0.114	-0.243
l rA F	-0.043	1.000	0.206	0.448	-0.026	0.704	0.192	0.387
r rA A	-0.012	0.206	1.000	0.403	-0.071	0.275	0.594	0.349
l rA A	-0.258	0.448	0.403	1.000	-0.209	0.358	0.473	0.790
r lA F	0.566	-0.026	-0.071	-0.209	1.000	-0.158	-0.120	-0.281
l lA F	0.100	0.704	0.275	0.358	-0.158	1.000	0.145	0.403
r lA A	-0.114	0.192	0.594	0.473	-0.120	0.145	1.000	0.389
l lA A	-0.243	0.387	0.349	0.790	-0.281	0.403	0.389	1.000
l Sn	0.170	-0.012	0.039	0.077	0.029	0.126	-0.054	0.067
r Sn	-0.045	0.021	0.100	0.182	-0.033	0.216	0.054	0.166
l Bfp	0.157	-0.149	-0.039	0.036	0.111	-0.102	0.036	0.032
r Bfp	0.082	-0.069	0.006	0.107	-0.068	-0.052	-0.128	0.036
r44 zF	-0.013	0.066	0.037	-0.143	0.060	0.095	-0.036	-0.117
r44 K	-0.063	0.073	-0.099	0.033	-0.110	-0.044	-0.035	0.041
r30 zF	-0.167	0.129	0.094	0.055	-0.098	0.186	0.000	0.042
r30 K	0.133	0.009	-0.003	-0.070	0.039	-0.026	-0.112	-0.047
l44 zF	-0.078	0.171	0.060	0.069	-0.007	0.215	0.102	0.062
l44 K	-0.111	0.154	0.085	0.212	-0.134	0.116	0.029	0.050
l30 zF	-0.041	0.219	0.033	-0.039	-0.047	0.296	0.010	-0.023
l30 K	-0.021	0.082	-0.004	0.033	0.068	0.012	-0.119	0.023
r rA N	0.247	0.025	-0.080	0.050	0.059	0.055	-0.017	0.122
l rA N	0.079	0.157	-0.066	0.215	0.076	0.048	-0.016	0.100
r lA N	0.087	0.072	-0.042	0.108	0.053	0.026	-0.015	0.045
l lA N	0.155	0.115	-0.030	0.108	0.172	0.055	0.035	0.142

Tab. 25: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 18. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.063	0.273	0.172	0.644	0.225	0.156	0.103
l rA F	-0.063	1.000	-0.226	-0.008	0.051	0.493	-0.120	-0.155
r rA A	0.273	-0.226	1.000	0.666	0.358	-0.154	0.775	0.407
l rA A	0.172	-0.003	0.666	1.000	0.277	-0.066	0.632	0.656
r lA F	0.644	0.051	0.358	0.277	1.000	-0.050	0.358	-0.015
l lA F	0.225	0.493	-0.154	-0.066	-0.050	1.000	-0.185	0.041
r lA A	0.156	-0.120	0.775	0.632	0.358	-0.185	1.000	0.401
l lA A	0.103	-0.155	0.407	0.656	-0.015	0.041	0.401	1.000
l Sn	0.276	-0.036	0.102	0.269	0.201	0.141	0.081	0.036
r Sn	0.089	0.090	0.047	0.264	0.022	0.091	0.161	0.179
l Bfp	0.075	-0.075	0.087	0.020	0.101	0.100	0.096	0.037
r Bfp	0.056	-0.022	0.125	0.057	0.006	0.082	0.046	0.067
r44 zF	0.252	-0.144	-0.011	-0.142	0.165	0.056	-0.097	-0.069
r44 K	0.002	-0.056	-0.033	-0.057	-0.009	-0.160	-0.055	-0.213
r30 zF	0.120	-0.108	0.032	0.032	0.091	-0.041	0.004	-0.045
r30 K	0.000	0.029	-0.123	-0.055	-0.071	-0.074	-0.061	0.016
l44 zF	0.056	0.086	0.085	0.115	0.040	0.054	0.074	-0.006
l44 K	0.062	0.041	0.049	0.202	0.106	0.023	0.006	0.047
l30 zF	0.254	-0.075	0.084	-0.021	0.137	-0.011	-0.012	-0.031
l30 K	0.049	0.094	-0.050	0.085	0.032	0.018	-0.010	0.001
r rA N	0.066	0.191	0.050	0.056	0.054	0.216	0.068	-0.057
l rA N	0.119	0.173	0.138	0.122	0.196	0.078	0.132	-0.083
r lA N	0.068	0.192	-0.015	0.060	0.060	0.181	0.013	-0.065
l lA N	0.155	0.161	0.054	0.102	0.215	0.210	0.202	-0.034

Tab. 26: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 19. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	-0.029	-0.014	-0.107	0.529	0.126	-0.049	-0.087
l rA F	-0.029	1.000	0.005	0.371	0.100	0.682	0.072	0.303
r rA A	-0.014	0.005	1.000	0.562	-0.007	0.086	0.621	0.417
l rA A	-0.107	0.371	0.562	1.000	-0.017	0.332	0.653	0.800
r lA F	0.529	0.100	-0.007	-0.017	1.000	-0.069	0.124	-0.137
l lA F	0.126	0.682	0.086	0.332	-0.069	1.000	0.072	0.392
r lA A	-0.049	0.072	0.621	0.653	0.124	0.072	1.000	0.548
l lA A	-0.087	0.303	0.417	0.800	-0.137	0.392	0.548	1.000
l Sn	0.136	0.090	-0.004	0.054	0.099	0.209	0.039	0.116
r Sn	-0.065	0.189	0.049	0.090	0.091	0.276	0.167	0.229
l Bfp	0.132	-0.054	0.041	0.101	0.158	-0.024	0.077	0.058
r Bfp	0.058	0.044	0.116	0.119	0.032	0.057	0.134	0.093
r44 zF	0.124	-0.003	-0.040	-0.076	0.106	0.078	-0.050	-0.160
r44 K	0.004	0.165	-0.155	-0.017	0.021	0.034	-0.123	-0.051
r30 zF	-0.056	0.092	-0.034	-0.015	-0.035	0.196	0.038	-0.006
r30 K	0.159	-0.008	-0.126	-0.066	0.114	-0.132	-0.073	-0.093
l44 zF	-0.059	0.112	0.076	0.098	0.030	0.185	0.069	0.054
l44 K	-0.110	0.215	-0.018	0.037	-0.109	0.194	0.042	0.032
l30 zF	0.043	0.157	0.025	0.022	0.030	0.181	-0.006	-0.015
l30 K	0.061	0.066	0.018	0.071	0.056	0.006	-0.064	0.106
r rA N	0.055	0.138	0.011	0.052	0.050	0.088	-0.013	0.066
l rA N	0.011	0.253	0.048	0.148	0.090	0.130	0.099	0.108
r lA N	0.009	0.195	-0.051	-0.006	0.078	0.063	-0.011	0.010
l lA N	0.083	0.208	0.134	0.113	0.140	0.182	0.061	0.051

Tab. 27: Korrelationsstatistik des Drehpendelversuchs, 20. Halbschwingung (Paarkorrelationskoeffizient r(x/y))

	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
r rA F	1.000	0.131	0.238	-0.097	0.500	0.343	0.082	0.148
l rA F	0.131	1.000	0.037	0.229	0.455	0.385	0.015	0.047
r rA A	0.238	0.037	1.000	0.406	0.065	0.141	0.538	0.603
l rA A	-0.097	0.229	0.406	1.000	0.113	0.019	0.388	0.646
r lA F	0.500	0.455	0.065	0.113	1.000	0.025	0.335	-0.074
l lA F	0.343	0.385	0.141	0.019	0.025	1.000	-0.046	0.191
r lA A	0.082	0.015	0.538	0.388	0.335	-0.046	1.000	0.374
l lA A	0.148	0.047	0.603	0.646	-0.074	0.191	0.374	1.000
l Sn	0.327	-0.051	0.178	-0.003	0.125	0.163	0.117	0.052
r Sn	0.005	0.235	0.064	0.131	0.193	0.187	0.155	0.162
l Bfp	0.167	0.003	0.113	-0.046	0.149	-0.036	0.178	0.017
r Bfp	0.231	0.032	0.169	0.030	0.048	0.046	0.094	0.112
r44 zF	0.027	0.037	-0.150	-0.235	-0.084	0.077	-0.076	-0.150
r44 K	-0.023	0.100	-0.124	-0.025	-0.013	-0.050	-0.154	-0.195
r30 zF	-0.054	0.128	-0.161	-0.051	-0.042	0.095	-0.048	-0.061
r30 K	- 0.020	-0.009	-0.018	-0.051	-0.111	-0.036	-0.117	0.017
l44 zF	-0.080	0.234	-0.057	-0.000	0.053	0.062	0.041	0.018
l44 K	0.040	0.098	0.005	0.042	0.014	0.066	-0.091	-0.047
l30 zF	-0.001	0.151	-0.135	-0.143	-0.049	0.064	-0.135	-0.029
l30 K	-0.024	0.026	-0.034	0.082	0.007	0.004	-0.077	0.028
r rA N	0.129	-0.021	0.060	-0.069	0.090	0.021	0.076	-0.031
l rA N	0.188	0.063	0.143	-0.034	0.163	0.074	0.105	0.107
r lAN	0.126	0.092	0.037	-0.027	0.164	0.033	0.043	0.036
l lA N	0.230	0.073	0.068	-0.017	0.253	0.109	0.186	0.109

IV. KASUISTIK

Der kalorische Schmetterlingstest und der Drehpendelversuch wurden an einem Untersuchungstag an denselben Patienten durchgeführt und konnten daher direkt miteinander verglichen werden. Das Nystagmusverhalten sowie auch das gesamte Testverhalten unter Berücksichtigung aller Partialtests konnte quantitativ im Normbereich liegen (Typ 0), die Reaktion konnte gehemmt sein (Typ 1) oder sie konnte enthemmt sein (Typ 2). Diese drei Möglichkeiten der Klassifizierung, die wir bei jedem einzelnen kalorischen und rotatorischen Test fanden, ergaben theoretisch für den Vergleich dieser beiden systematischen, aber verschiedenen Prüfungen neun verschiedene Kombinationen.

Bei den ersten drei Kombinationen lagen die Werte des Schmetterlingstests im Normbereich, während die Nystagmusreaktionen des Drehpendelversuchs normal, gehemmt oder enthemmt waren.

Bei den Kombinationen 4 - 6 lagen gehemmte kalorische Testwerte vor, während sich beim Drehpendelversuch erneut die drei Variationen ergaben.

Bei den Kombinationen 7 - 9 kamen enthemmte Schmetterlingswerte vor, wobei die Reaktionen des Drehpendelversuchs wieder normal, gehemmt oder enthemmt waren.

Bei der Auswertung traten alle neun Kombinationen auf; sie wurden deshalb im folgenden Abschnitt dargestellt. Jeder Beschreibung folgt eine Tabelle mit den Werten des kalorischen Tests und des Drehpendelversuchs. Außerdem wurden bei einigen Patienten ungedämpfte Drehpendeltests durchgeführt, bei denen der Pendelstuhl nach einer Halbschwingung (pi 0) angehalten wurde. Die induzierten Reaktionen konnten hierbei weiterlaufen und während dreier Perioden (pi 1 bis pi 3) aufgezeichnet werden, ohne durch eine entgegengesetzte Pendelbewegung überlagert zu werden; eine Stimulusinterferenz sollte vermieden werden. Die hierbei gefundenen Werte wurden graphisch dargestellt.

1. Die 53jährige Patientin M.F. litt seit 5 Jahren an Schwindelsymptomen, die sie als beidseitiges Drehgefühl, Schwarzwerden-Vor-Augen und Unsicherheit beschrieb. Der Schwindelanfall wurde ausgelöst durch Kopfdrehen nach oben und Aufstehen, und er dauerte 1 - 2 Sekunden. Außerdem bestanden Geruchsstörungen und eine Hörverminderung auf dem rechten Ohr; 1973 wurde die linke Niere entfernt und 1956 eine Struma-Operation durchgeführt.
Die Reaktionen auf die kalorischen und rotatorischen Untersuchungen lagen beidseits im Normbereich, so daß kein Anhalt für eine Störung vorlag.

KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr.Frequenz	41	32	39	41
Kumulation	75	45	45	45

DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	2	13	60	80	8	5	120	50
pi 2	4	1	50	200	5	0	80	0
pi 3	0	10	0	100	3	7	120	70
pi 4	10	2	80	40	10	1	100	20
pi 5	0	12	0	100	0	11	0	100
pi 6	16	0	60	0	14	0	80	0
pi 7	0	17	0	80	2	14	80	100
pi 8	14	2	120	120	14	1	160	80
pi 9	0	16	0	110	0	15	0	120
pi 10	20	0	100	0	20	1	120	80
pi 11	0	19	0	110	0	17	0	120
pi 12	18	0	110	0	18	0	120	0
pi 13	0	20	0	140	1	16	140	120
pi 14	16	0	100	0	17	0	100	0
pi 15	0	21	0	80	2	20	60	80
pi 16	19	2	80	100	20	1	100	50
pi 17	0	15	0	80	1	13	160	80
pi 18	10	0	140	0	12	0	100	60
pi 19	3	7	100	130	5	6	80	60
pi 20	0	8	0	140	11	0	80	0

2. Die 39jährige Hausfrau R.R. litt seit Jahren an Schwankschwindel und Unsicherheit. Der einzelne Anfall dauerte 1 - 2 Sekunden oder auch Minuten. Außerdem bestanden Schweißausbruch und eine Hörverminderung des linken Ohres.
Die kalorische Reaktion der Patientin war normal oder leicht enthemmt; die Ergebnisse des Drehpendelversuchs lagen dagegen unterhalb des Normbereichs. Auch die Kalorisationswerte des linken Ohres ergaben keine diagnostische Hinweise.

KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	61	47	56	66
Kumulation	65	55	75	65

DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	3	13	20	20	6	8	20	20
pi 2	9	4	20	20	12	5	20	20
pi 3	6	6	20	20	4	8	20	20
pi 4	7	3	20	20	13	1	20	20
pi 5	5	12	20	30	5	12	20	30
pi 6	16	2	30	20	17	0	40	0
pi 7	9	3	20	20	6	6	20	20
pi 8	7	5	20	20	6	6	20	20
pi 9	9	8	20	20	7	12	20	20
pi 10	12	3	30	20	8	3	30	20
pi 11	2	9	20	30	3	9	20	30
pi 12	12	4	20	20	17	0	30	0
pi 13	4	12	20	30	4	14	20	30
pi 14	16	1	20	20	8	7	20	20
pi 15	1	19	20	30	0	17	0	40
pi 16	16	1	30	20	17	0	40	0
pi 17	3	13	20	30	7	12	20	30
pi 18	7	3	30	20	12	1	30	20
pi 19	3	3	20	20	6	7	20	20
pi 20	3	4	20	20	5	4	20	30

3. Der 56jährige Patient F.G. klagte seit drei Monaten über folgende Schwindelsymptome: beidseitiges Drehgefühl, Fallneigung, Unsicherheit. Der Schwindelanfall wurde durch Bewegung, Kopfdrehen und Blickwendung ausgelöst und konnte bis zu einer Stunde dauern. Es bestanden seit 6 Jahren eine beiseitige Hörverminderung und jetzt der neurologische Verdacht auf vertebralisbedingte Hirnstammveränderungen.
Bei den kalorischen Testergebnissen fanden wir Werte im oberen Normbereich, während beim Drehpendelversuch eine Enthemmung vor allem der Amplitudenwerte zu beobachten war.
Abb. 26 zeigt ferner die Resultate des ungedämpften Drehpendeltests.

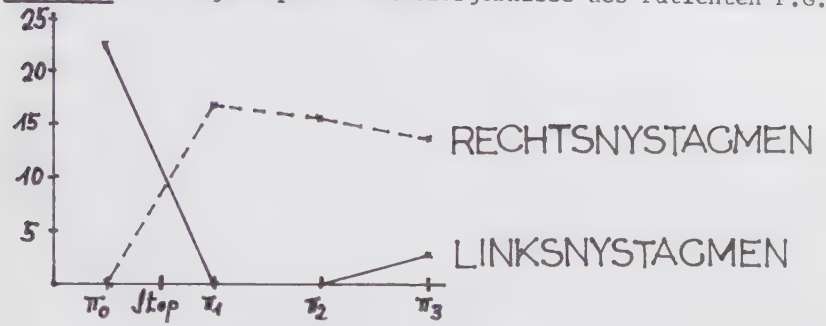
KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	66	50	49	63
Kumulation	65	65	65	105

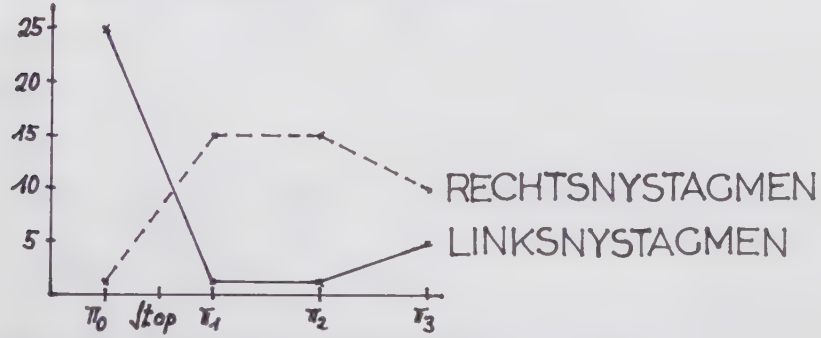
DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	4	9	90	60	1	17	30	80
pi 2	10	4	100	70	2	11	40	60
pi 3	4	9	70	70	0	18	0	100
pi 4	17	3	100	60	13	7	60	40
pi 5	9	14	60	60	1	17	20	120
pi 6	15	1	160	40	14	3	50	60
pi 7	0	21	0	80	2	18	80	160
pi 8	18	1	160	40	16	0	80	0
pi 9	3	21	40	100	0	22	0	160
pi 10	27	1	120	100	22	3	80	50
pi 11	6	23	70	90	3	22	60	170
pi 12	24	1	120	30	18	4	100	40
pi 13	8	18	60	100	0	24	0	160
pi 14	21	0	110	0	17	2	60	30
pi 15	3	17	20	80	3	17	50	130
pi 16	18	3	90	50	17	3	80	60
pi 17	5	15	60	80	0	20	0	100
pi 18	22	0	90	0	13	5	60	70
pi 19	12	5	100	80	0	20	0	100
pi 20	11	4	70	50	2	10	40	80

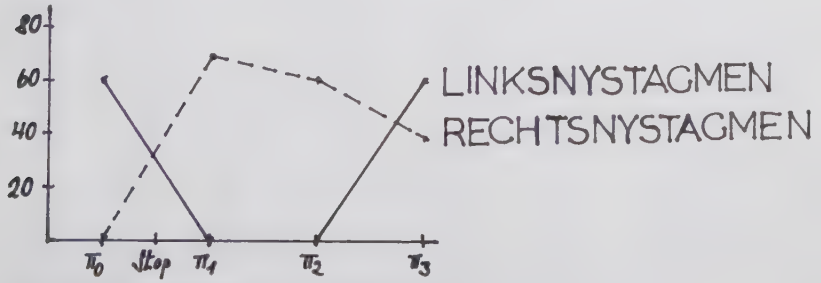
Abb. 26: Die ungedämpften Pendelergebnisse des Patienten F.G.



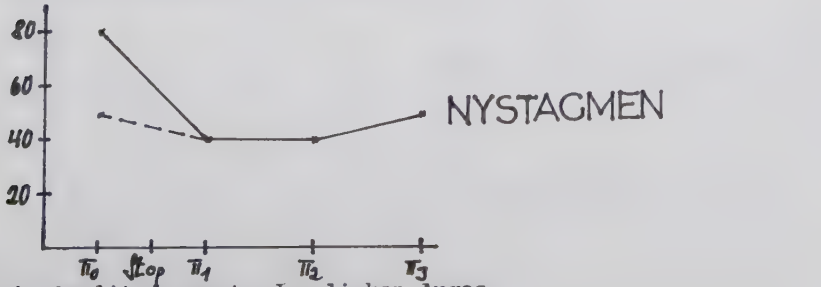
Die Frequenzwerte des rechten Auges



Die Frequenzwerte des linken Auges



Die Amplitudenwerte des rechten Auges



Die Amplitudenwerte des linken Auges

4. Der 58jährige Patient A.K. litt an Schwankschwindel, beidseitiger Fallneigung und Unsicherheit. Der Schwindel, der seit drei Monaten bestand, wurde ausgelöst durch Kopfdrehen, Aufstehen, Liegen und Sitzen und er konnte bis zu 2 Minuten dauern. Außerdem gab der Patient Übelkeit, Erbrechen, Kollaps an. Seit 1942 bestanden rechtsseitiges Ohrensausen und Hörverminderung und jetzt eine chronische Otitis media des rechten Ohres. Die kalorischen Nystagmusreaktionen lagen bis auf die rechte Kaltspülung unterhalb der Norm, während sich die Drehpendelwerte im Normbereich befanden. Das Richtungsüberwiegen des Nystagmus entsprechend der Pendelrichtung des Stuhles war deutlich zu erkennen. Die ungedämpften Pendelergebnisse sind in Abb. 27 dargestellt.

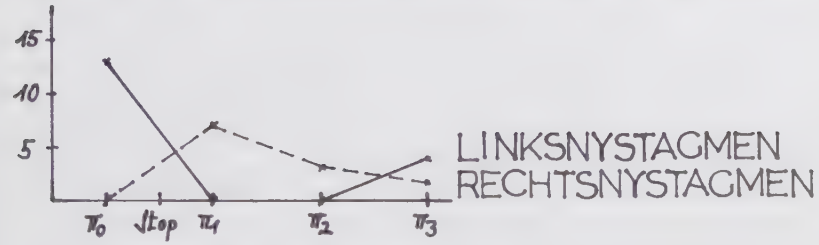
KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	9	32	15	17
Kumulation	65	45	75	65

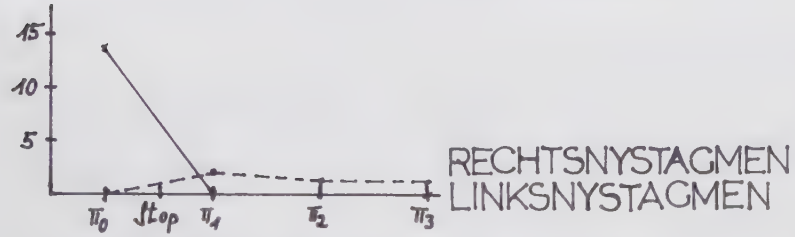
DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	1	4	20	20	1	2	20	20
pi 2	11	0	30	0	10	0	30	0
pi 3	2	7	20	20	1	8	30	30
pi 4	4	1	40	40	4	0	40	0
pi 5	1	7	20	70	0	11	0	50
pi 6	15	0	60	0	13	0	50	0
pi 7	0	9	0	70	0	8	0	90
pi 8	14	1	60	20	18	0	50	0
pi 9	1	13	40	80	0	15	0	100
pi 10	22	0	50	0	21	0	40	0
pi 11	0	4	0	30	0	7	0	30
pi 12	13	0	70	0	20	0	70	0
pi 13	0	12	0	60	0	14	0	80
pi 14	13	0	30	0	15	0	30	0
pi 15	0	7	0	50	0	12	0	50
pi 16	18	2	50	20	20	0	40	0
pi 17	0	1	0	140	1	3	40	30
pi 18	2	1	30	20	8	1	20	50
pi 19	1	6	40	30	0	7	0	60
pi 20	11	5	60	40	4	5	50	50

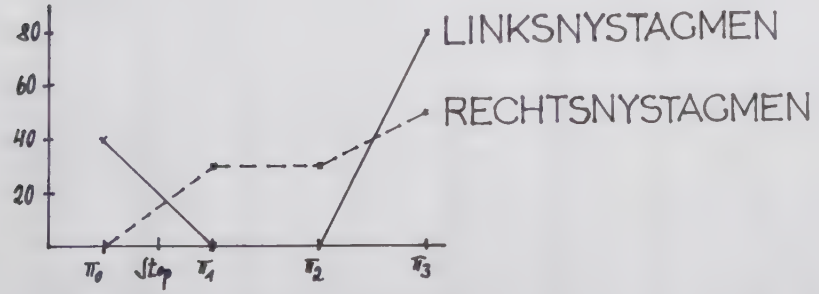
Abb. 27: Die ungedämpften Pendelergebnisse des Patienten A.K.



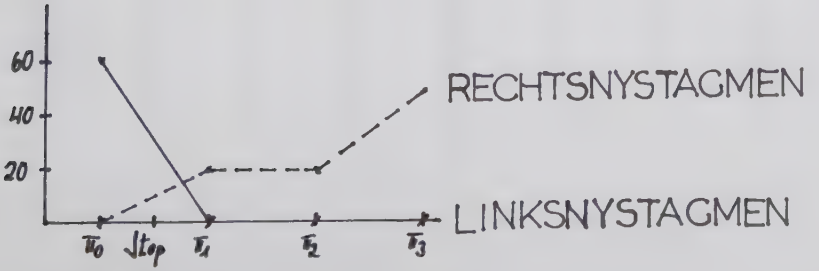
Die Frequenzwerte des rechten Auges



Die Frequenzwerte des linken Auges



Die Amplitudenwerte des rechten Auges



Die Amplitudenwerte des linken Auges

5. Der 59jährige Patient A.K. litt nicht unter Schwindelerscheinungen, es bestand aber eine Taubheit auf dem linken und eine Hörverminderung auf dem rechten Ohr. Beim Patient lag eine Hypotonie vor; er war herzinsuffizient und hatte vor 10 Monaten einen Herzinfarkt. 1925 hat er bei einem Arbeitsunfall eine Schädelfraktur erlitten.
Die Nystagmusreaktionen beim kalorischen Test lagen beidseits deutlich unter der Norm, und die Werte des Drehpendelversuchs waren ebenfalls gehemmt. Die wahrscheinlichste Diagnose ist eine periphere Störung.

KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr.Frequenz	6	13	14	10
Kumulation	65	65	95	85

DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	2	2	20	20	6	5	20	20
pi 2	4	3	20	20	6	3	20	20
pi 3	3	1	20	20	7	2	30	20
pi 4	1	3	20	20	3	5	20	20
pi 5	3	4	20	20	2	3	20	20
pi 6	2	3	20	20	8	5	20	20
pi 7	5	2	20	20	5	4	20	20
pi 8	3	1	20	20	6	2	20	20
pi 9	3	4	20	20	4	2	20	20
pi 10	2	3	20	20	6	2	20	20
pi 11	2	3	20	20	4	3	20	20
pi 12	1	4	20	30	9	0	20	0
pi 13	6	2	20	20	4	2	30	20
pi 14	2	1	20	20	8	3	30	20
pi 15	3	3	20	20	6	4	20	20
pi 16	2	2	20	20	7	6	30	20
pi 17	4	4	20	20	2	1	20	20
pi 18	4	3	20	20	8	4	20	20
pi 19	1	4	20	20	5	3	30	20
pi 20	2	0	20	0	5	1	20	20

6. Die 43jährige Patientin T.A. litt seit etwa 3 Monaten an einer Fallneigung nach beiden Seiten und nach vorne. Der Schwindelanfall wurde beim Aufstehen in der Frühe ausgelöst und dauerte ca. 5 Minuten; er war manchmal begleitet von Augenflimmern. Die Patientin litt außerdem an Schweißausbruch, Ohrensausen und Hörverminderung an beiden Ohren, und in der kalten Jahreszeit hatte sie Schmerzen in der linken Nierengegend.
Die Reaktion der kalorischen Prüfung war beidseits gehemmt, während sich beim Drehpendelversuch eher eine enthemmte Nystagmusreaktion ergab. Die beiden Untersuchungen stimmten in diesem Fall also nicht überein.

KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	17	18	14	23
Kumulation	65	55	55	55

DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	16	1	20	20	2	2	30	30
pi 2	9	1	20	20	2	1	20	40
pi 3	10	2	30	30	2	4	20	40
pi 4	19	1	60	20	9	2	30	30
pi 5	7	5	20	30	0	11	0	30
pi 6	20	2	40	40	8	1	40	20
pi 7	6	12	30	60	3	13	40	50
pi 8	13	1	30	30	5	1	40	20
pi 9	2	15	40	50	0	19	0	40
pi 10	27	6	50	40	3	5	50	40
pi 11	6	9	30	30	8	3	40	40
pi 12	19	3	30	30	12	0	20	0
pi 13	12	12	30	30	3	17	30	40
pi 14	18	3	50	30	14	2	50	20
pi 15	11	3	30	30	3	2	20	40
pi 16	19	4	40	40	12	1	40	40
pi 17	7	10	20	30	4	9	20	40
pi 18	28	2	40	30	8	3	20	30
pi 19	15	6	30	30	1	13	20	40
pi 20	9	5	30	30	9	3	20	40

7. Die 47jährige Patientin E.W. litt seit 5 Monaten an einer Unsicherheit, die durch Kopfdrehen und Blickwendung ausgelöst wurde. Dieser an- und abschwellende Anfall dauerte Minuten. Außerdem klagte die Patientin über vegetative Symptome wie Schweißausbruch und Übelkeit, und am linken Ohr gab sie Ohrensausen und Hörverminderung an; ferner gab sie Nierenbeschwerden an, und es lag bei ihr eine Hypotonie vor.
Alle vier kalorischen Schmetterlingsreaktionen lagen oberhalb der Norm, wogegen die Nystagmuswerte der Drehpendelprüfung sich annähernd im Normbereich befanden. Der sog. Schmetterling weist auf eine zentrale Läsion hin.

KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	61	86	73	80
Kumulation	95	75	75	65

DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	23	10	20	20	9	18	20	20
pi 2	26	10	30	20	3	8	20	20
pi 3	24	14	30	20	4	14	20	30
pi 4	19	10	30	20	7	8	30	30
pi 5	3	8	20	50	1	10	70	50
pi 6	14	2	40	20	11	2	30	20
pi 7	0	16	0	50	0	15	0	50
pi 8	14	2	30	20	14	1	30	30
pi 9	6	23	30	60	1	23	20	40
pi 10	20	4	30	20	14	8	20	30
pi 11	1	20	20	40	0	21	0	40
pi 12	10	5	40	20	10	1	30	20
pi 13	1	19	20	40	1	18	30	40
pi 14	18	2	40	30	14	1	40	20
pi 15	0	17	0	40	0	17	0	50
pi 16	16	5	30	20	11	7	30	20
pi 17	0	16	0	40	1	15	30	40
pi 18	9	4	40	30	8	5	30	20
pi 19	5	10	30	40	5	10	30	40
pi 20	9	9	20	20	9	10	20	20

8. Der 50jährige Patient E.R. hatte seine Schwindelbeschwerden, die er als Knistern im Kopf beschrieb, seit einer Pferdehufverletzung vor 6 Wochen, bei der eine beidseitige Rhinobasisfraktur festgestellt worden ist. Der Schwindelanfall wurde beim Kopfdrehen und beim Gehen ausgelöst und dauerte 30 bis 60 Minuten. Seit dem Unfall litt der Patient außerdem an einer Anosmie und an Doppelbildern; es bestanden Geschmacks- und Sensibilitätsstörungen.
Die postkalorische Reaktion lag bis auf die linke Kaltspülung zum Teil deutlich oberhalb der Norm, während die Drehpendelwerte vor allem beim rechten Auge gehemmt waren. Somit widersprachen sich die Ergebnisse. Es könnte sich um ein ausgeprägtes zentrales Blockierungsphänomen vom Typ des Enthemmungs-Hemmungs- Decruitment handeln.

KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	100	74	70	60
Kumulation	65	55	25	45

DREHPENDELTEST

Stimulus	Rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	13	0	30	0	8	9	50	40
pi 2	10	1	20	20	13	1	50	50
pi 3	2	0	30	0	8	13	40	60
pi 4	10	1	30	20	20	2	40	30
pi 5	0	0	0	0	6	6	30	30
pi 6	2	0	30	0	9	0	30	0
pi 7	2	0	40	0	3	0	30	0
pi 8	16	0	30	0	24	0	40	0
pi 9	0	4	0	20	1	29	60	60
pi 10	7	1	30	30	19	0	40	0
pi 11	0	0	0	0	7	16	40	40
pi 12	0	0	0	0	11	0	30	0
pi 13	3	0	30	0	4	4	20	30
pi 14	0	0	0	0	17	0	30	0
pi 15	3	0	40	0	5	0	40	0
pi 16	0	0	0	0	5	3	40	50
pi 17	0	0	0	0	7	1	30	30
pi 18	0	0	0	0	3	3	40	40
pi 19	0	0	0	0	5	0	50	0
pi 20	1	2	40	30	2	1	40	40

9. Bei der 53jährigen Patientin G.H. fanden wir anamnestisch Schwankschwindel, Schwarz-Werden-Vor-Augen und Unsicherheit. Der seit 1953 bestehende Schwindel wurde ausgelöst durch Bücken und Aufstehen und dauerte Minuten. Außerdem litt die Patientin an Schweißausbruch und Augenflimmern sowie an rechtsseitigem Ohrensausen und linksseitiger Hörverminderung. Der neurologische Befund war regelrecht; es bestand eine Hypotonie.
Bei dem Schmetterlingstest erkannte man enthemmte Reaktionen bei beiden Spülungen des rechten Ohres, Normverhalten bei der Kaltspülung des linken Ohres und eine gehemmte Reaktion bei der Warmspülung des linken Ohres. Bei den Frequenzwerten des Drehpendelversuchs fanden sich teilweise ebenfalls enthemmte Reaktionen. Die Ergebnisse des ungedämpften Pendelversuchs zeigt Abb. 28.

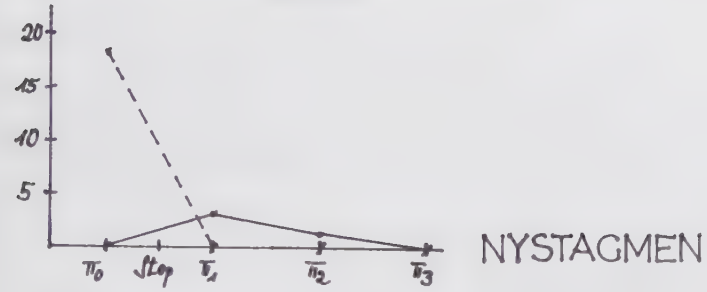
KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	79	81	15	51
Kumulation	75	65	75	85

DREHPENDELTEST

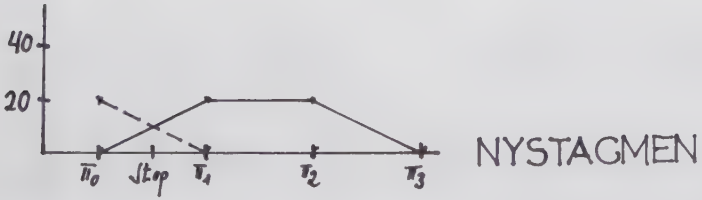
Stimulus	rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	14	2	30	20	3	10	30	30
pi 2	5	2	20	20	2	1	30	30
pi 3	2	10	20	20	0	10	0	30
pi 4	19	0	40	0	1	0	30	0
pi 5	0	12	0	30	1	13	20	40
pi 6	20	0	30	0	7	4	20	20
pi 7	1	21	20	30	1	19	20	30
pi 8	15	0	40	0	11	0	30	0
pi 9	0	25	0	40	0	24	0	40
pi 10	12	0	40	0	12	2	20	20
pi 11	5	12	30	30	9	7	20	20
pi 12	14	0	40	0	6	0	20	0
pi 13	1	1	20	20	0	0	0	0
pi 14	13	0	40	0	9	1	30	20
pi 15	3	1	20	20	2	1	20	20
pi 16	10	0	20	0	6	4	20	20
pi 17	1	3	20	30	2	3	20	30
pi 18	7	2	20	20	5	2	20	20
pi 19	1	1	20	20	3	3	20	20
pi 20	13	0	30	0	0	7	0	30

Abb. 28: Die ungedämpften Pendelergebnisse der Patientin G.H.

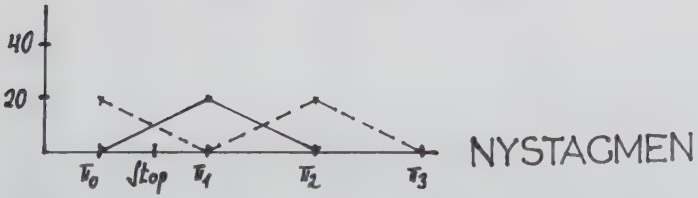


Die Frequenzwerte des rechten Auges

Die Frequenzwerte des linken Auges



Die Amplitudenwerte des rechten Auges



Die Amplitudenwerte des linken Auges

10. Die 73jährige Patientin A.E. litt seit etwa 10 Jahren unter Schwankschwindel, beidseitigem Drehgefühl und Unsicherheit. Der einzelne Anfall, der 1 - 2 Sekunden dauerte, wurde durch schnelle Autobewegung, Kopfdrehen, Bücken, Aufstehen, Liegen und Sitzen ausgelöst. Seit dem 30. Lebensjahr bestand eine Hörverminderung, und jetzt lag ein Ohrensausen des linken Ohres, in welchem die Patientin schon in ihrer Kindheit Schmerzen gehabt hat, vor.
Normale Kalorisationsreaktionen fanden sich bei den Kaltspülungen beider Ohren, während das Nystagmusverhalten bei der rechten Warmspülung gehemmt war und bei der linken Warmspülung ausfiel. Bei dem Drehpendeltest war die Reaktion dagegen eher enthemmt, wobei das Richtungsüberwiegen entsprechend den Pendelschwingungen deutlich zu erkennen war.
Die Ergebnisse des ungedämpften Pendelversuchs werden in Abb. 29 gezeigt.

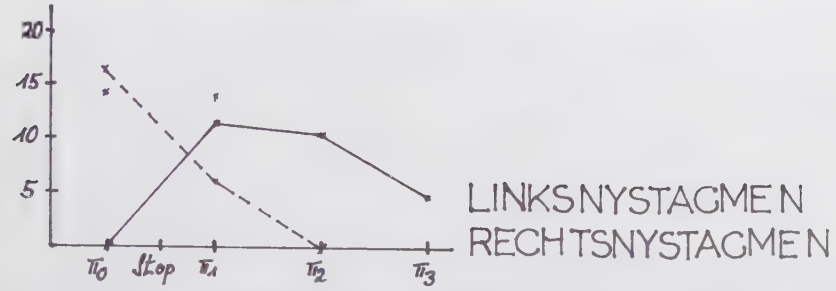
KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	9	40	0	50
Kumulation	75	45	0	55

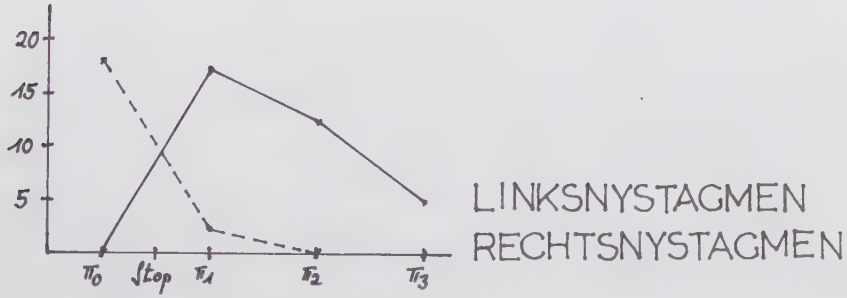
DREHPENDELTEST

Stimulus	rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	0	15	0	70	0	15	0	70
pi 2	11	4	60	40	9	4	60	30
pi 3	4	17	40	80	2	18	30	80
pi 4	15	4	80	30	16	4	50	40
pi 5	6	12	30	50	1	16	40	60
pi 6	18	0	80	0	17	0	80	0
pi 7	0	26	0	90	0	27	0	120
pi 8	24	0	120	0	25	0	100	0
pi 9	0	33	0	90	0	31	0	100
pi 10	27	0	90	0	29	0	70	0
pi 11	0	35	0	70	0	37	0	80
pi 12	24	0	100	0	22	1	70	20
pi 13	0	25	0	120	0	25	0	120
pi 14	19	6	100	40	16	6	80	50
pi 15	5	19	40	50	0	25	0	40
pi 16	18	4	60	50	19	3	50	40
pi 17	1	23	60	90	0	23	0	80
pi 18	12	1	80	90	13	2	60	40
pi 19	0	26	0	40	3	24	40	70
pi 20	10	4	40	40	4	7	30	40

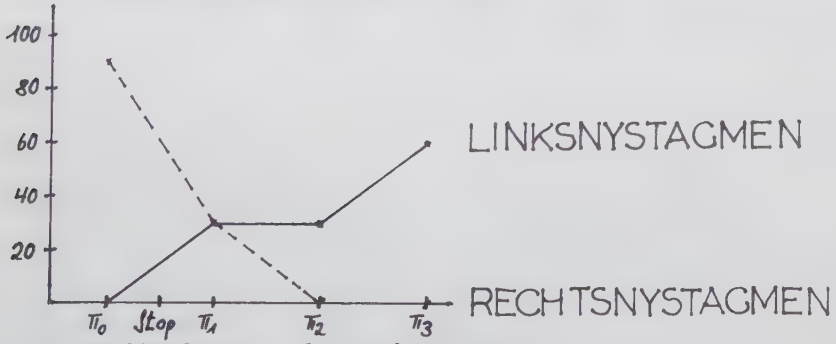
Abb. 29: Die ungedämpften Pendelergebnisse der Patientin A.E.



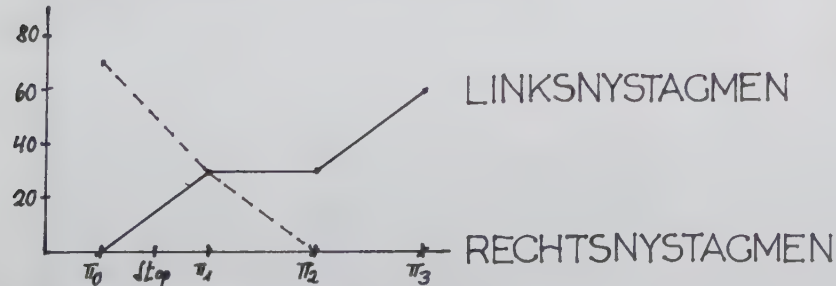
Die Frequenzwerte des rechten Auges



Die Frequenzwerte des linken Auges



Die Amplitudenwerte des rechten Auges



Die Amplitudenwerte des linken Auges

11. Bei dem 31jährigen Patienten H.L. fanden wir Schwank-schwindel und Unsicherheit, die seit 16 Tagen bestanden. Ausgelöst wurde dieser anhaltende gleichmäßige Schwindel, der bis zu 5 Minuten dauerte, durch Kopfdrehen, Bücken, Aufstehen und Liegen. Außerdem klagte der Patient über Ohrensausen und eine seit 1960 bestehende Hörverminderung des rechten Ohres, an welchem auch einige Operationen durchgeführt worden sind (Tympanoplastik, Typ IV). Ferner gab der Patient Schweißausbruch und Hypotonie an.
Die Schmetterlingsreaktionen nach den Spülungen des linken Ohres lagen im Normbereich, während die Resultate der rechten Spülungen gehemmt waren. Die Frequenzwerte des Drehpendelversuchs lagen im Normbereich, die Amplitudenwerte waren teilweise enthemmt.
Die Ergebnisse des ungedämpften Pendeltests sind in Abb. 30 dargestellt.

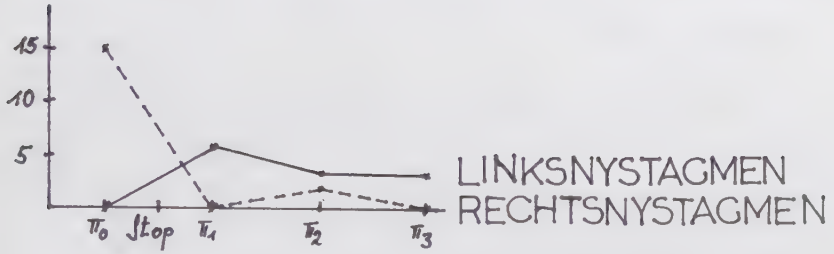
KALORISCHER NYSTAGMUS

Stimulus	re 44 G	re 30 G	li 44 G	li 30 G
zentr. Frequenz	20	18	31	49
Kumulation	95	45	75	85

DREHPENDELTEST

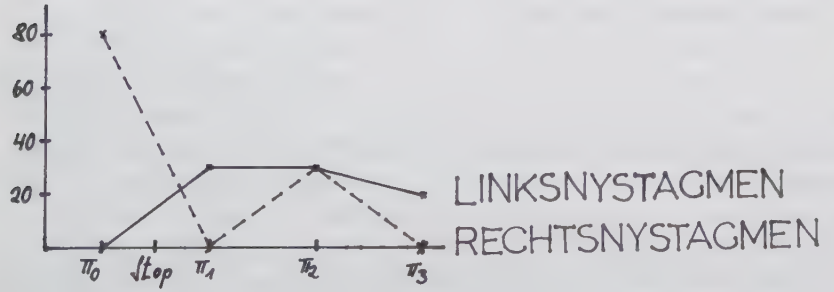
Stimulus	rechtes Auge				Linkes Auge			
	Frequenz		Amplitude		Frequenz		Amplitude	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
pi 1	1	3	110	70	0	7	0	40
pi 2	6	3	60	40	6	3	40	40
pi 3	0	6	0	80	0	8	0	60
pi 4	7	2	80	20	8	1	70	20
pi 5	0	8	0	120	1	9	30	100
pi 6	12	1	160	40	12	0	100	0
pi 7	2	15	20	120	2	14	30	100
pi 8	8	0	60	0	15	1	70	20
pi 9	1	16	20	100	2	15	30	100
pi 10	18	0	120	0	18	0	100	0
pi 11	0	17	0	140	0	17	0	130
pi 12	17	0	130	0	16	0	100	0
pi 13	0	14	0	160	0	14	0	120
pi 14	16	0	100	0	15	0	70	0
pi 15	0	13	0	100	0	14	0	90
pi 16	17	0	110	0	11	0	50	0
pi 17	0	15	0	80	0	14	0	70
pi 18	11	0	100	0	10	0	70	0
pi 19	1	7	30	70	0	9	0	60
pi 20	2	1	50	50	5	4	30	30

Abb. 30: Die ungedämpften Pendelergebnisse des Patienten H.L.

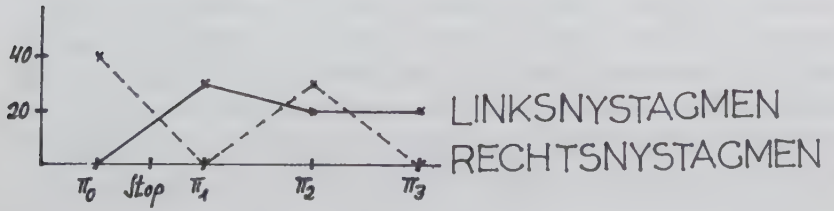


Die Frequenzwerte des rechten Auges

Die Frequenzwerte des linken Auges



Die Amplitudenwerte des rechten Auges



Die Amplitudenwerte des linken Auges

V. DISKUSSION

1. Der kalorische Test

Hauptbestandteil einer jeden neurootologischen Untersuchung ist der kalorische Test, der gegenüber den rotatorischen Prüfungen den Vorteil einer monauralen Stimulierung hat. BARANY definierte den Drehschwindel als das Gefühl von Benommenheit, verbunden mit der Empfindung der Scheinbewegung der äußeren Gegenstände, der Scheindrehung des eigenen Körpers, oder beider zusammen, und den Empfindungen und Gefühlen eventueller Übelkeit. Die objektiven Zeichen waren Nystagmus, Reaktionsbewegungen und eventuell Blässe, Schweißausbruch, Würgen oder Erbrechen, Veränderungen der Atmung und des Pulses. Er schrieb in seinen 1906 erschienenen Untersuchungen über die Vorgänge beim kalorischen Test: "Betrachtet man das Labyrinth als ein mit 37 Grad warmer Flüssigkeit gefülltes Gefäß, dessen laterale Wand z.B. kalt angespritzt wird, so muß in der Flüssigkeit des Gefäßes eine Bewegung entstehen, indem die der lateralen Wand zunächst gelegenen Flüssigkeitsteilchen zunächst abgekühlt werden und spezifisch schwerer geworden, dem Boden des Gefäßes zustreben, während warm gebliebene Flüssigkeit vom Boden des Gefäßes aus aufsteigt. Es muß auf diese Weise eine Zirkulation der Flüssigkeit eintreten, die solange dauern wird, bis die gesamte Flüssigkeit des Gefäßes die Temperatur des von außen aufgespritzten Wassers haben wird. Verändert man die Stellung des Gefäßes, während man stets dieselbe Wand anspritzt, so muß sich die Bewegung der Flüssigkeit im Gefäße ebenfalls verändern, da nun eine andere Stelle des Gefäßes der tiefste Punkt geworden ist, nach welchem zu die abgekühlte Flüssigkeit sich bewegt. Dreht man das Gefäß vollständig um, so daß, was ursprünglich oben war, jetzt nach abwärts sieht, so muß die Flüssigkeitsbewegung im Gefäß genau in das Gegenteil der Bewegung bei der Ausgangsstellung sich verwandeln. Ganz allgemein müssen zwei Stellungen des Gefäßes, die um 180 Grad verschieden sind, genau entgegengesetzte Flüssigkeitsbewegungen zeigen. Genau denselben Effekt wie die Umkehrung des Gefäßes um 180 Grad muß die Verwendung

von heißem Wasser (über 37 Grad) zum Anspritzen haben. Auch hierbei muß genau die entgegengesetzte Flüssigkeitsbewegung zustandekommen."

Zur anatomischen Erklärung der beobachteten Erscheinungen waren die Verbindungen des DEITERSschen Kerns und der übrigen Vestibulariskerne mit den Augenmuskelkernen einerseits und dem Rückenmark andererseits, ferner die Verbindungen des Nervus oculomotorius mit den Kernen der Augenmuskeln und die Verbindungen dieser Kerne mit der Hirnrinde sowie das hintere Längsbündel ausreichend. Außerdem gab es die Kollateralen der sensiblen Kleinhirnbahnen zum DEITERSschen Kern, aber die Kleinhirnverbindungen konnten vernachlässigt werden. So ist experimentell festgestellt worden, daß die Exstirpation des Kleinhirns bei der Taube keinen wesentlichen Einfluß auf die durch nachherige Bogengangs- resp. Labyrinthzerstörung verursachten Erscheinungen hat.
BARANY nahm an, daß in diesem DEITERSschen Kern auch die von seiten der Muskel- und Gelenksensibilität gelieferten Erregungen mit den Vestibulariserregungen in einem Zentrum gemeinsam verarbeitet wurden, und daß von hier aus die Erregung zur Hirnrinde aufstieg. Dieses Zentrum war in der Ruhe an symmetrisch zufließende, sich gegenseitig aufhebende Reize des Labyrinths gewöhnt, und bei einem Wegfall der Reize von der einen Seite traten bei normalem Zufluß der Reize von der anderen Seite grobe Gleichgewichtsstörungen auf. Dieses Schema ist von DE NO, BRODAL u.a. verfeinert worden.

DOHLMAN versuchte, ein Maß des Kraftverbrauchs zu erhalten, das notwendig ist, um mittels kalorischer Reizung eine Beeinflussung der Augenbewegungen vom Labyrinth aus zustandezubringen. Hierzu führte er bei den Patienten eine Ausspülung des Gehörgangs mit Wasser von verschiedenen Wärmegraden durch. Außerdem spülte er sie mit Wasser derselben Temperatur aus, aber in verschiedener Stellung des Bogengangs gegen die Vertikalebene. Er stellte fest, daß die registrierten Latenzzeiten, d.h. die

Zeit vom Einsetzen der Spülung bis zum Beginn des Nystagmus, bei der Versuchsperson G.J. von 22 sec. bis 16 sec. variierten, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Spülwasser und Körpertemperatur von 0,5 Grad bis 20 Grad zunahm. Außerdem wurde die Geschwindigkeit der langsamen Phase für jede Sekunde gemessen. Hier fand er bei derselben Versuchsperson Maximalwerte von 6 mm bei 0,5 Grad Differenz und von 50 mm bei 5 Grad Differenz. Es bestand somit die Möglichkeit, daß die auf diese Weise erhaltenen Werte in einem direkten arithmetischen Verhältnis zu der gewählten Differenz zwischen den Temperaturen der Spülflüssigkeit einerseits und des Körpers andererseits standen.

Zur Untersuchung des kalorischen Nystagmus in verschiedenen Kopfstellungen drehte DOHLMAN den gereizten Bogengang während der Registrierung des Reaktionsverlaufs. Bei der Versuchsperson W.A. fand er dabei in der vertikalen Stellung eine maximale Höhe der Kurve von 200 mm, bei einer Beugung von 60 Grad nach hinten eine maximale Höhe von 72 mm, bei einer Beugung von 60 Grad nach vorne fand er eine maximale Höhe von 80 mm und bei einer Beugung von 90 Grad nach vorne eine maximale Höhe von 16 mm. Diese Werte sprachen gegen die Auffassung, das Sinnesepithel im Labyrinth wäre ein temperaturperzipierendes Organ.

HALLPIKE benutzte bei seinen kalorischen Untersuchungen Stimulus-Temperaturen von 30 Grad und 44 Grad, also 7 Grad unterhalb und oberhalb der Körpertemperatur. Die Spüldauer betrug 40 Sekunden, und es wurden zwischen 250 ccm und 500 ccm Wasser verbraucht. Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Stimulusgabe und dem Ende der Nystagmusantwort betrug bei der Kaltspülung ungefähr 2 Minuten und bei der Warmspülung 1 Minute und 40 Sekunden. Er zog für die Beobachtung als Meßwert die Dauer der Nystagmusantwort der Frequenz, der Amplitude und der Schlagsumme der zu beobachtenden Schläge vor. Diese Zeitdauer wurde graphisch in ein Schema, das in 10-Sekunden-Intervalle unterteilt war, eingetragen. HALLPIKE unterschied bei dem normalen kalorischen Testmuster vier Charakteristika:

1. die völlige Empfindlichkeit, also die Summe der Reaktionen 1, 2, 3 und 4;
2. die kalt/warm Empfindlichkeitsunterschiede, d.h. die Summe der Reaktionen 1 und 2 minus der Summe der Reaktionen 3 und 4;
3. die links/rechts Empfindlichkeitsunterschiede, d.h. die Summe der Reaktionen 1 und 3 minus der Summe der Reaktionen 2 und 4;
4. das Richtungsüberwiegen, also die Summe der rechtsschlägigen Reaktionen 1 und 4 minus der Summe der linksschlägigen Reaktionen 2 und 3.

Diese Testergebnisse wurden statistisch untersucht, wobei sich bei dem links/rechts Empfindlichkeitsunterschied und beim Richtungsüberwiegen GAUSsche Kurven mit einem Mittelwert von 0 und einer Standardabweichung von 15 Sekunden ergaben.
TOROK schrieb, daß die schnelle Phase des Nystagmus nicht nur als Produkt einer zentralen Kompensation verstanden wurde, sondern zusätzlich durch vestibuläre Erregung beeinflußt werden konnte. Als ein quantitativer Parameter in der Nystagmographie wurde aber die Geschwindigkeit der langsamen Phase benutzt, wobei die Reaktion in 10-Sekunden-Intervallen ausgewertet wurde. Da auch die Frequenz pro Zeiteinheit sich als zuverlässiges Maß bewährt hat, verglich TOROK in einer kalorischen Untersuchung, bei der Stimuli verschiedener Wärmegrade verwendet wurden, beide Meßwerte miteinander. Diese Studie bewies, daß die Kulminationsfrequenz beim kalorischen Nystagmus beständiger und geradliniger hinsichtlich der Reizstärke war und daß sie kleinere Standardabweichungen aufwies als die Geschwindigkeit der langsamen Phase, die außerdem eine sehr viel umständlichere Auswertung erlangte.

Nach HENRIKSSON war der völlige Verlust einer Nystagmusantwort bei beiden Ohren selten und wurde vor allem bei Taubstummen, nach Meningitis und Kopfverletzungen, bei Streptomycon und anderen ototoxischen Substanzen beobachtet. Der einseitige Verlust der vestibulären Antworten wurde bei Patienten mit translabyrinthären Frakturen, Labyrintherschütterungen, vestibulärer Neuritis, Herpes zoster oticus oder vaskulären Erkrankungen des

inneren Ohres und häufig bei einem Akustikusneurinom oder nach einer basalen Meningitis gefunden. Diese streng einseitigen Läsionen wurden dann häufig von einem Spontannystagmus oder einem Richtungsüberwiegen zum gesunden Ohr begleitet.
Bei den zentralen Störungen, die Spontannystagmus und/oder Richtungsüberwiegen verursachten, blieb die totale Nystagmusschlagrate beider Ohren gleich, und dies charakterisierte eine zentrale im Gegensatz zu einer peripheren Läsion. Dieses klassische "zentrale" Muster wurde bei allen Formen vestibulärer Unausgeglichenheit, die zentral bedingt waren, gesehen, z.B. bei Encephalitis, vaskulären Erkrankungen, Tumoren wie beispielsweise des Temporallappens, der ein Richtungsüberwiegen zur Tumorseite hervorrufen konnte. Bei sehr starken Nystagmusreaktionen nach kalorischer oder rotatorischer Stimulation konnte nach HENRIKSSON angenommen werden, daß, ähnlich wie bei den verstärkten Sehnenreflexen, die hemmenden Elemente des vestibulookulomotorischen Systems befallen waren, wie man dies beispielsweise bei Encephalitis oder Multipler Sklerose gesehen hat. Grundsätzlich mußte man bei peripheren Leiden zwischen Mittelohr- und Labyrintherkrankungen, Systemkrankheiten, Tumoren und Traumata sowie bei zentralen Leiden zwischen Entzündungen, Tumoren oder Cysten, vaskulären oder systemischen Prozessen und traumatischen oder neonatalen Schäden unterscheiden.

CLAUSSEN beschrieb das kalorische Schmetterlingsmuster algebraisch mittels eines trinären Codes, wobei sich bei den drei Möglichkeiten der Kennlinienposition und den vier Quadranten für rechts warm, rechts kalt, links warm, links kalt insgesamt 3 mal 3 mal 3 mal 3 gleich 81 Variationsmöglichkeiten ergaben. Folgende Schmetterlingsmuster wiesen hierbei auf eine periphere Gleichgewichtsstörung hin: der einseitige Warmverlust mit Ausfallnystagmus zur Gegenseite (Codes 1000 und 0010), die einseitige Reaktionshemmung mit Normreaktion der Gegenseite (Codes 0011 und 1100), mit Einschränkung der sogenannte kleine Schmetterling (Codes 1111,0111,1011,1101,1110) und der einseitige Kaltverlust (Codes 0100,0001). Schmetterlingsmuster mit einem Hinweis auf eine zentrale Gleichgewichtsstörung waren

der sogenannte große Schmetterling (Codes 2222,0222,2022,2202, 2220), der bilateral asymmetrische Schmetterling mit einseitiger Über- und gegenseitiger Normfunktion (Codes 2200 und 0022). Der bilateral asymmetrische Schmetterling mit einseitiger Über- und gegenseitiger Unterfunktion (Codes 1122 und 2211) deutete auf eine kombinierte periphere und zentrale Störung hin. Allerdings wurde nach CLAUSSEN nur ein Viertel dieser 81 denkbaren Schmetterlingsmuster häufiger als 1:100 beobachtet, und fast ein Viertel der Muster wurde bisher noch nicht gesehen. Annähernd 40 % der Untersuchten zeigten das vollkommene Normmuster.

Bei unseren 150 Patienten ergaben sich bei dem kalorischen Test Korrelationswerte im Bereich von 0.50 bis 0.70, d.h. deutliche Zusammenhänge nach E.R. CHADDOCK, bei folgenden Einzelvergleichen:
zentrale Frequenz der rechten Warmspülung mit der zentralen Frequenz der rechten Kaltspülung
zentrale Frequenz der rechten Warmspülung mit der zentralen Frequenz der linken Kaltspülung
zentrale Frequenz der rechten Kaltspülung mit der zentralen Frequenz der linken Kaltspülung
zentrale Frequenz der linken Warmspülung mit der zentralen Frequenz der linken Kaltspülung

Dies wies auf besonders stabile Schmetterlingsmuster mit Häufung in unserem Kollektiv hin.
Es zeigte sich damit, daß überzeugende Zusammenhänge nur bei den zentralen Frequenzen, nicht aber bei den Kumulationen zu finden waren. Außerdem fiel die Häufigkeit der hohen Korrelationswerte bei der 30-Grad-Spülung des linken Ohres auf.

2. Die Drehpendelprüfung

GREINER, CONRAUX und PICART führten Vestibularisuntersuchungen mit rotatorischen Pendelbewegungen durch, benutzten also physiologische Stimuli. Die Patienten ertrugen die Pendeluntersuchungen subjektiv besser, und daher waren längere Untersuchungen möglich. Wie aus der Physiologie bekannt war, blieb bei einer Drehbeschleunigung die Endolymphe infolge ihrer Trägheit gegenüber dem Bogengang zurück, so daß die Sinneshaare in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt wurden. Dieses Endolymph-System reagierte wie ein gedämpftes Torsionspendel, d.h. bei einer sinusoidalen Bewegung trat sie in Resonanz, sobald ihre eigene Periode der des Impulses nahelag, wobei die Abweichung der Cupula bei Stimuli von mehr als 0.25 Sekunden pro Periode der Winkelbeschleunigung der Pendelbewegung entsprach.
Bei den klinischen Untersuchungen wurden sinusoidale Schwingungen mit einer Oszillationsperiode von 20 sec verwendet. Die negative Beschleunigung bis zum Stillstand dauerte bei 180 Grad Drehung ungefähr 15 Perioden von je 20 sec, im ganzen also ca. 6 min. Die Registrierung wurde im Dunkeln bei geöffneten Augen unter einer undurchsichtigen Brille durchgeführt. Beim Pendelstuhl blieb der Winkel der sinusoidalen Bewegungen dagegen konstant, er wurde von 75 Grad auf 60 Grad herabgesetzt, so daß derselbe Winkel wie bei der zervikalen Pendelstimulation benutzt werden konnte. Die Nystagmusantwort wurde charakterisiert nach quantitativen Bestimmungen (Frequenz, Schlagbreite in Graden), qualitativen Ergebnissen (Beziehung zwischen Schlagbreite und Frequenz), Nystagmusüberwiegen und Recruitment (eine Steigerung der Beschleunigung ließ den Unterschied der Reizantworten nach rechts und links verschwinden). Die Nystagmusreaktion im Verhältnis zur Schwingungsbreite zeigte eine Dämpfung des Systems der Cupula und der Endolymphe. Die peripheren Läsionen ergaben oft eine feine Schwellenabweichung, eine Amplitude von mehr als 10 Grad, normale Frequenz und die "kleine Schrift", häufig auch das Recruitmentphänomen. Bei den Hirnstammsyndromen wie Multipler Sklerose, Tumoren, Vaskularsyndrom wurde ein Spontannystagmus, der vertikal nach unten schlug, festgestellt.

Der Provokationsnystagmus hatte eine typische kleine Schrift und änderte nicht den Spontannystagmus. Beim Morbus Menière fanden GREINER, CONRAUX und PICART quantitativ eine Über- oder Untererregbarkeit, meist auch beidseitig. Zahl und Intensität der Nystagmusschläge änderten sich im Verlauf der Reizung. Wechselnde Hemmung und Übererregbarkeit konnten in aufeinanderfolgenden Untersuchungen oder bei fortlaufender Pendelnystagmographie auftreten; oft fand sich die"kleine Schrift". Damit deutete die vestibuläre Symptomatologie des Morbus Menièri auf eine zentralnervöse Pathogenese des Krankheitsbildes hin.

GROEN führte vestibuläre Messungen nach der Geburt durch, um die Entwicklung von Augenabweichungen, Nystagmus und Hemmung zu beobachten. Er benutzte für diese Untersuchungen einen runden, sich drehenden Raum (Innendurchmesser 270 cm, Höhe 220 cm), der drei Personen und ein Testsubjekt mit einer konstanten Geschwindigkeit zwischen 1 Grad und 120 Grad pro Sekunde über einen beliebigen Zeitraum bewegen konnte.

Das Tier oder das Baby wurden in eine Lage gebracht, in der vor allem die horizontalen Bogengänge stimuliert wurden.

Der Raum wurde langsam beschleunigt, bis er die gewünschte Winkelgeschwindigkeit erreicht hatte, behielt diese Geschwindigkeit dann bei, bis das Testsubjekt im Gleichgewicht war und stoppte darauf innerhalb von 2 sec. Die Tierexperimente wurden im Zeitraum von 3 Stunden nach der Geburt bis zum Alter von 33, manchmal auch 80 Tagen durchgeführt. Der Nystagmus entwickelte sich bei neugeborenen Babies gewöhnlich im Laufe der Zeit, er konnte aber auch schon am ersten Tag nach der Geburt vorliegen. Beim Schlaf gewannen die Augenabweichungen die Oberhand, während beim wachen Kind der Nystagmus gewöhnlich vorhanden war. GROEN kam zu dem Schluß, daß sich die vestibuläre Kontrolle über die Augen rasch entwickelte. Der zentrale Einfluß extravestibulären Ursprungs begann bereits Ende der ersten Woche wirksam zu werden, und nach vier Wochen war diese Interferenz von zentralnervösen Aktivitätsmustern völlig entwickelt. Außerdem wurde diese Umwandlung von Signalen ständig von einem extravestibulären Zentrum kontrolliert.

JONGKEES und PHILIPSZOON beschrieben ein Drehungspendel, das die horizontalen Bogengänge mit Winkelbeschleunigungen stimulierte, so daß man gedämpfte sinusoidale Bewegungen erhielt. Mit Hilfe der Elektronystagmographie konnte dieser perrotatorische Nystagmus sehr leicht aufgezeichnet werden. Dieses Pendel war ein einfaches und billiges Instrument, das aus einem Sitz bestand, welches mit zwei Kabeln an der Decke befestigt war. Über einen flexiblen Schaft war dieser Sitz mit einem linearen Potentiometer am Fußboden verbunden, so daß auch die Bewegungen des Pendels aufgezeichnet werden konnten. Das Pendel wurde zuerst in eine Position von 90 Grad von seinem Nullpunkt gebracht und rotierte dann in der horizontalen Ebene. Es wurde stets veranlaßt, daß die erste Schwingung gegen den Uhrzeigersinn und die zweite im Uhrzeigersinn durchgeführt wurde, so daß man bei der ersten Beschleunigung linksgerichtete Nystagmusschläge erhielt, die dann nach jedem Richtungswechsel abwechselnd nach rechts und links schlugen. Die Nystagmusschläge der ersten 10 Schwingungen wurden ausgezählt, und die Differenz der Schlagzahl nach links und nach rechts wurde als Prozentwert der gesamten Schlagzahl ausgedrückt. Zusätzlich wurden verschiedene Augenabweichungen beobachtet, die im Grunde genommen Ausdruck der langsamen Nystagmusphase waren.

Bei den Experimenten am Drehungspendel (einer gedämpften Sinusschwingung) konnten JONGKEES und PHILIPSZOON sowohl bei Ratten als auch bei Menschen einen deutlichen Übergang vom Nystagmus zu wechselnden Augenabweichungen und umgekehrt nachweisen. Weitere Untersuchungen zeigten dieses Phänomen auch bei einer ungedämpften sinusoidalen Bewegung. Bei 80 untersuchten gesunden Menschen wurde ein Mittelwert von 1.2 % und eine Standardabweichung von 11 % gefunden, so daß bei einer Differenz über $\pm$ 23 % (der doppelten Standardabweichung) zwischen den linken und den rechten Nystagmusschlägen von einem pathologischen Richtungsüberwiegen gesprochen werden konnte.

KLEY und REINECKEN hatten sich den Drehbewegungsvorgang bei starkem Fahrzeugverkehr zum Vorbild ihrer Untersuchungen ge-

nommen. Bei dieser Drehpendelprüfung dauerte jede Rechts- und Linksdrehung gleich lang, so daß der durchfahrene Winkel konstant blieb. Die Drehpendelbewegung auf dem elektrischen Drehstuhl wurde automatisch gesteuert, und es war möglich, den befahrenen Kreisbogen wahlweise einzustellen. Während des Bewegungsvorgangs wurde der Stuhl sehr schnell auf die eingestellte Geschwindigkeit gebracht, behielt dann diese Geschwindigkeit bei und verlangsamte sie dann entsprechend dem Trägheitsgesetz. Diese Bewegungen waren also nicht sinusförmig. Bei verschiedenen Geschwindigkeiten im Bereich von 0 bis 18 U/min wurden jeweils 10 Perioden aufgenommen, wobei die Nystagmusregistrierung noch 20 Sekunden nach Durchlaufen dieser Perioden fortgesetzt wurde. Bei der Auswertung wurde die Anzahl der Nystagmusschläge während einer Rechts- oder Linksbewegung ermittelt, die Gesamtschlagzahl nach jeweils einer Richtung wurde berechnet und die sich hierbei ergebenden Werte verglichen. Außerdem wurde versucht, den geeigneten Drehwinkel festzustellen, und es wurden die Pausenzeiten überprüft. KLEY und REINECKEN ermittelten als geeignetste Werte eine Umlaufgeschwindigkeit von 12 U/min, einen Drehwinkel von 270 Grad und eine Pause von 1 Sekunde. Bei dieser physiologischen Drehpendelprüfung waren die subjektiven Beschwerden der Patienten (Nausea und Mißempfindungen) wesentlich geringer als bei der üblichen rotatorischen Untersuchung.

Bei der Untersuchung unserer 150 Patienten ergaben sich beim Drehpendelversuch Korrelationswerte von 0.90 und darüber, d.h. nach E.R. CHADDOCK sehr hohe Zusammenhänge und eine sehr hohe Abhängigkeit beider Variablen bei folgenden Einzelvergleichen:
Amplitude der Rechtsnystagmen des linken Auges mit der Amplitude der Rechtsnystagmen des rechten Auges bei pi 3 und pi 12;
Amplitude der Linksnystagmen des linken Auges mit der Amplitude der Linksnystagmen des rechten Auges bei pi 7, pi 8 und pi 11;
Frequenz der Linksnystagmen des linken Auges mit der Frequenz der Linksnystagmen des rechten Auges bei pi 11.

Diese hohen Korrelationswerte waren ausnahmslos beim Vergleich von Meßwerten des einen Auges mit denselben Werten des anderen

Auges zu erkennen. Auffallend war die Häufung hoher Korrelationswerte bei den fünf Amplitudenvergleichen im Gegensatz zu nur einem Frequenzvergleich.

Korrelationswerte von 0.70 bis 0.90, d.h. enge Zusammenhänge nach E.R. CHADDOCK, fanden wir bei folgenden Einzelvergleichen:

Amplitude der Linksnystagmen des rechten Auges mit der Amplitude der Rechtsnystagmen des rechten Auges bei pi 1
Amplitude der Rechtsnystagmen des linken Auges mit der Amplitude der Rechtsnystagmen des rechten Auges bei pi 2, pi 4, pi 6, pi 8, pi 9, pi 10, pi 11, pi 13, pi 14, pi 15, pi 16, pi 18
Amplitude der Linksnystagmen des linken Auges mit der Amplitude der Linksnystagmen des rechten Auges bei pi 3, pi 5, pi 6, pi 9, pi 13, pi 14, pi 15, pi 16, pi 17, pi 19
Frequenz der Linksnystagmen des linken Auges mit der Frequenz der Linksnystagmen des rechten Auges bei pi 5, pi 7, pi 9, pi 13, pi 15, pi 17
Frequenz der Rechtsnystagmen des linken Auges mit der Frequenz der Rechtsnystagmen des rechten Auges bei pi 6, pi 8, pi 10, pi 12, pi 14, pi 16.
Am häufigsten waren die Korrelationswerte der Amplitudenvergleiche erhöht, nämlich bei den Rechtsnystagmen bei 12 Halbdrehungen und bei den Linksnystagmen bei 10 Halbdrehungen.
Es folgten die Frequenzvergleiche, die bei den Rechtsnystagmen und bei den Linksnystagmen bei je 6 Halbschwingungen vorkamen.
Bei einer Halbdrehung fanden wir sogar einen engen Zusammenhang zwischen der Amplitude des Linksnystagmus und der Amplitude des Rechtsnystagmus beim rechten Auge.

3. Der Vergleich des kalorischen Tests mit dem Drehpendelversuch

Bei diesem Vergleich, bei dem wir die Meßwerte unserer Untersuchungen einander gegenübergestellt haben, ergaben sich Korrelationswerte von 0.30 bis 0.50, d.h. mäßige Zusammenhänge nach E.R. CHADDOCK, bei folgenden Einzelvergleichen:

Kumulation der linken Warmspülung mit der linksschlägigen Amplitude des rechten Auges bei pi 4
Kumulation der rechten Warmspülung mit der linksschlägigen Amplitude des rechten Auges bei pi 8
Kumulation der linken Kaltspülung mit der linksschlägigen Amplitude des rechten Auges bei pi 10
zentrale Frequenz der rechten Kaltspülung mit der linksschlägigen Frequenz des linken Auges bei pi 5 und pi 11
zentrale Frequenz der linken Kaltspülung mit der rechtsschlägigen Frequenz des rechten Auges bei pi 8, pi 12 und pi 16
zentrale Frequenz der linken Kaltspülung mit der linksschlägigen Frequenz des rechten Auges bei pi 11
zentrale Frequenz der linken Kaltspülung mit der linksschlägigen Frequenz des linken Auges bei pi 9 und pi 11.

Acht dieser elf Einzelvergleiche lagen zwischen der achten und der zwölften Halbdrehung und kamen bei den Spülungen des linken Ohres zustande, wobei die Kaltspülungen dominierten. Bei je acht Vergleichen waren außerdem beim kalorischen Test die zentrale Frequenz und beim Drehpendelversuch die Frequenz sowie die Linksnystagmen zu finden. Häufigster Einzelvergleich war mit drei Halbschwingungen der Vergleich zwischen der zentralen Frequenz der linken Kaltspülung mit der rechtsschlägigen Frequenz des rechten Auges.
Da ich zu dieser Gegenüberstellung leider keine Literatur finden konnte, benutzte ich zur ausführlicheren Darstellung des Vergleichs den niederen Korrelationsbereich von GUILFORD, mit dem er Werte von 0.20 bis 0.40 beschrieb.

Folgende Abkürzungen werden bei den Einzelvergleichen verwendet: r = rechtes Ohr bzw. Rechtsnystagmen, l = linkes Ohr bzw. Linksnystagmen, zF = zentrale Frequenz, K = Kumulation, F = Frequenz, A = Amplitude, R = rechtes Auge, L = linkes Auge.

pi 1 : r30zF - 1FL, 130zF - rFR, 130zF - rFL
pi 2 : 144zF - 1FR, 130zF - rFR
pi 3 : r30zF - 1FL, 144zF - 1FR, 144zF - 1FL, 130zF - 1FL
pi 4 : r44zF - rFR, r44zF - rFL, 144K - 1AR, 130zF - rFR
pi 5 : r30zF - 1FR, r30zF - 1FL, 144zF - 1FR, 144zF - 1FL, 130zF - 1FR, 130zF - 1FL
pi 6 : 144K - 1AR, 130zF - rFR, 130zF - rFL
pi 7 : 144zF - rAL, 130zF - 1FR, 130zF - 1FL
pi 8 : r44K - 1AR, 130zF - rFR, 130zF - rFL
pi 9 : r30zF - 1FL, 130zF - 1FR, 130zF - 1FL
pi 10: 130zF - rFR, 130 k - 1AR
pill : r30zF - 1FR, r30zF - 1FL, r30 K - rFR, 144zF - 1FR, 144zF - aFL, 144zF - rAR, 130zF - 1FR, 130zF - rAR, 130zF - 1FL
pi 12: 144 K - 1AR, 130zF - rFR, 130zF - rFL
pi 13: 144zF - 1FR, 144zF - 1FL, 130zF - 1FR, 130zF - 1FL
pi 14: r44zF - rFL, r30zF - rFL, 144zF - rFL, 144 K - 1AR, 130zF - rFR, 130zF - rFL
pi 15: 144zF - 1FR, 144zF - 1FL, 130zF - 1FR, 130zF - 1FL
pi 16: 144zF - 1AL, 130zF - rFR
pi 17: 144zF - 1FL, 144K - 1AR, 130zF - 1 FR, 130zF - 1 FL
pi 18: r44zF - rFR, 144K - 1AR, 130zF - rFR
pi 19: 144 K - 1FR
pi 20: 144zF - 1FR

Beim kalorischen Test fanden wir als häufigsten Parameter die zentrale Frequenz und eine deutliche Dominanz der Spülungen des linken Ohres, und beim Drehpendelversuch kamen die Frequenzwerte gehäuft vor. Aufgrund der Nystagmusrichtung bei den Spülungen erwarteten wir bei den Warmspülungen des linken Ohres höhere Korrelationswerte bei den Linksnystagmen beider Augen, was auch zutraf (die Vergleiche 144zF - 1FR kommen 7mal,

144zF - 1FL 6mal und 144 K - 1AR 6 mal vor). Bei den Kaltspülungen des linken Ohres erkannten wir erhöhte Werte bei den Rechts- und bei den Linksnystagmen beider Augen (die Vergleiche 13OzF - rFR fanden wir 1Omal, 13OzF - 1FR 7mal, 13OzF - rFL 5mal und 13OzF - 1FL 8mal). Bei den Warmspülungen des rechten Ohres sahen wir höhere Korrelationswerte nur selten, und bei den Kaltspülungen des rechten Ohres beobachteten wir erhöhte Werte bei den Linksnystagmen des linken Auges (der Vergleich r3OzF - 1FL kam 5mal vor).
Als Ergebnis dieser Gegenüberstellung fanden wir also eine geringe Überlagerung und eine wesentliche gegenseitige Ergänzung beider Untersuchungsverfahren.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit werden die experimentellen Ergebnisse einer kalorischen und einer rotatorischen Stimulierung der Gleichgewichtsrezeptoren von 150 neurootologischen Patienten dargelegt. Bei der statistischen Auswertung von Einzelparametern werden die kalorischen und rotatorischen Resultate sowohl untereinander als auch miteinander verglichen. Der testinterne Korrelationsvergleich veranschaulicht beim kalorischen Test und beim Drehpendelversuch ein hohes bis sehr hohes Maß des Zusammenhangs. Der Gegenüberstellungsvergleich der beiden Vestibularisuntersuchungen, nämlich monauraler kalorischer und binauraler Drehpendeltest, erbringt nur mäßige Zusammenhangsmaße für einzelne Parameter.

Dies legt den Schluß nahe, daß mit beiden Tests differente Aussagen erzielt werden. Bei der kalorischen Innenohrreizung erzielen wir aufgrund einer kalorisch induzierten Beschleunigung an einem einzigen Bogengang eine bestimmte Anzahl von Nystagmusschlägen. Bei der Drehpendelprüfung ist die Situation nicht so klar. Einerseits kann das abweichende Ergebnis der Drehpendelprüfung von der Kalorisation allein darauf beruhen, daß binaural statt monaural gereizt wird. Andererseits könnte es aber auch durch die zeitliche Stimulusinterferenz zu einer Reaktionsabweichung kommen.
Um letzteres auszuschließen, werden gespaltene Drehpendelversuche durchgeführt: nach einer Pendelschwingung wird der Stuhl angehalten, so daß die induzierte Reaktion Gelegenheit hat, ungestört abzulaufen, ohne daß sie durch einen entgegengesetzten Stimulus überlagert wird. Die stichprobenartig bei einigen Patienten durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß diese gespaltenen Pendel andere Schlagratenmuster aufweisen als die von uns benutzten gedämpften Drehpendelreaktionen. Diese Mischung von Phänomenen bei der Drehpendelprüfung erschwert zweifellos die Interpretation, die auf dem Ursache-Wirkungs-Prinzip beruht.

Auf jeden Fall stellt die Drehpendeluntersuchung eine Ergänzung zum kalorischen Test dar; die niedrigen Korrelationskoeffizienten der Messwertvergleiche lassen darauf schließen, daß die Versuche hinsichtlich ihres Aussagespektrums unterschiedliche Bereiche abdecken. Ihre Aussagen sind nur geringfügig redundant. Bei der klinischen Routineuntersuchung hat der kalorische Test nach wie vor die höchste diagnostische Wertigkeit (BARANY, WITTMAACK, DOHLMAN, HALLPIKE, TOROK, HENRIKSSON, RUBIN, CLAUSSEN). Hier entfallen auch alle Maskierungsprobleme des Gegenohrs wie bei der Audiometrie oder bei dem Drehpendeltest. Eine derartige Verdeckung des Gegenohrs für den Stimulus ist bei der Drehpendelprüfung ohnehin undenkbar. Damit ist die Diagnostik einseitiger peripherer Vestibularisstörungen nach wie vor die Domäne der kalorischen Prüfung. Dennoch kann das Bild der peripheren Störung durch die Drehpendelprüfung unterschieden werden in prognostisch günstige Fälle mit vestibulärem Erregungsrecruitment und in prognostisch ungünstige Fälle mit vestibulärer paralleler Hemmung.

Herrn Professor Dr. C.F. Claussen gilt mein aufrichtiger Dank für die Überlassung des Themas, die Anleitung und die Unterstützung bei der Durchführung der Experimente und der Auswertung der Ergebnisse.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

BARANY, R.:
Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen.
Mschr.Ohrenheilk. (Berlin) 40, 193-297 (1906)

CLAUSSEN, C.F., AUST, G., HORTMANN, G., MÜLLER-KORTKAMP, M.:
Praktikum der Elektronystagmographie.
Verhandlungen d.Ges.Neurootol.Aequ. 2, (Frankfurt a.M.) 1-93 (1975)

CLAUSSEN, C.F., LÜHMANN, M.v.:
Das Elektronystagmogramm und die neurootologische Kennliniendiagnostik.
edition m+p, (Hamburg, Neu-Isenburg) 1-290 (1976)

DOHLMAN, G.:
Physikalische und physiologische Studien zur Theorie des kalorischen Nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) Suppl.5, 1-196 (1925)

GREINER, G.F., CONRAUX, C., PICART, P.:
Vestibularisuntersuchungen mittels rotatorischer Pendelbewegungen zur Analyse des Morbus Menièri.
HNO (Berlin) 11, 337-341 (1963)

GREINER, G.F. CONRAUX, C., PICART, P.:
Ergebnisse der Nystagmographie bei Pendelstimulation.
Mschr.Ohrenheilk. (Wien, Innsbruck) 101, 13-23 (1967)

GROEN, J.J.:
Central regulation of the vestibular system.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 59, 211-218 (1965)

HALLPIKE, C.S.:
The caloric tests.
J. Laryng. (London) 70, 15-28 (1956)

HENRIKSSON, N.G., RUBIN, W., JANEKE, J., CLAUSSEN, C.F.:
A Synopsis of the Vestibular System.
Sandoz-Monographie (Lund/Schweden) 99 (1970)

HILLEBRANDT, F.:
Elementare Statistik für Psychologen, Soziologen, Pädagogen.
Ernst Reinhardt Verlag, 196-197 (1965)

JONGKEES, L.B.W.:
Elektronystagmographie.
HNO (Berlin) 12, 325-329 (1964)

JONGKEES, L.B.W., PHILIPSZOON, A.J.:
Elektronystagmography.
Acta oto-laryng. (Stockholm) Suppl. 189, 1-111 (1964)

KLEY, W., REINECKEN, R.:
Drehpendelprüfung.
Z.Laryng.Rhinolog. (Stuttgart) 40, 68-77 (1961)

SCHMIDT, K.D.:
Ein klinischer Vergleich des kalorischen Schmetterlingstestes mit dem horizontalen Pendelschwingtest.
Dissertation, Würzburg, 1-80 (1975)

TOROK, N.:
Quantitative Parameters in Nystagmography
I. The Velocity of the Slow Phase.
ORL (Basel, München) 36, 37-45 (1974)

L E B E N S L A U F

30. März 1953	Geboren in Heidelberg als erstes Kind des Univ.-Professors Dr.med.Dr.jur. Hans Göppinger und seiner Ehefrau Dr.med. Eva-Maria, geb. Diener
23. April 1963 20. Juni 1972	Uhland-Gymnasium Tübingen Reifeprüfung
Wintersemester 1972/73 bis Sommersemester 1974	Studium der Medizin an der Universität Tübingen
Wintersemester 1974/75 bis Wintersemester 1980/81	Studium der Medizin an der Universität Würzburg
Wintersemester 1977/78 und Sommersemster 1978	Studium an der Royal Postgraduate Medical School in London
14. Oktober 1980	Ärztliche Prüfung
28. Oktober 1980	Approbation als Arzt
Seit Januar 1981	Assistent beim Psychiatrischen Landeskrankenhaus Zwiefalten

Würzburg, den 6. Februar 1981

Hans-Ulrich Göppinger

Druckerei A. Staudenraus Würzburg